الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم تقويم الأسنان



تقييم ا واص اللونية وا رثومية والاحتكاكية وا يكانيكية للأسلاك التقو ية الشفافة يأ ونظ سريرياً

Evaluation of Colored, Bacterial, Frictional and Mechanical Properties of Translucent Orthodontics Wires in vitro, ex vivo

أطروحة قدمت الى جامعة دمشق لنيل درجة الدكتوراه في علوم طب الأسنان

(اختصاص تقويم الأسنان والفكين)

إعداد

د. فراس بابا

إشراف

الأستاذ الدكتور

مد ناصر صوان

ا شرف ا شارك

الأستاذ الدكتور

مود السليمان

2013/1434

صورة قرار مجلس البحث العلمي و الدراسات العليا

تصريح

" لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة تم أخذه بالكامل من عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في أية جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي"

Declaration

I declare that the work presented in this thesis is original, has been carried out by author and has never been presented in full or part in the same or in different form in this or any other University in support of any application for any degree.

بسم الله الرحمن الرحيم

سبحانك لا علم لنا إلا ما علّمتنا إنك أنت العليم الحكيم

سورة البقرة (32)

إهداء

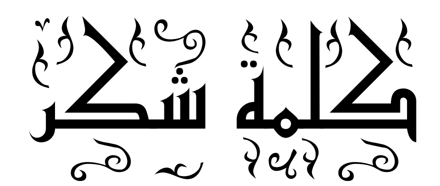
إلى من خلقني وأحسن خلقي — اللّه تعالى

إلى من علمني مكارم الأخلاق — رسول اللّه

إلى من ربياني و علماني حب العلم — والدّي

إلى من سدد خطاي وأنار دربي — أساتذتي

الى رفيقة دربي و ملهمتي — زوجتي



أولاً أحمد ا جلّ وعلا أن من علي بإنهاء هذا البحث، وأسأل ا التوفيق والرشاد. لا يسعني إلا أن أتقدم بجزيل الشكر والامتنان إلى عمادة كلية طب الأسنان ونائبي العميد فلهم علي كل الفضل، ولن يستطيع هذا الثناء مهما بلغ مداه أن يوفيهم حقهم.

والشكر الجزيل المفعم بآيات العرفان والجميل لأستاذي المشرف الذي شرفني بإشرافه على البحث وأغنى البحث بآرائه وخبرته العميقة وتحمله أسئلتي, فله مني أسمى دراجات الاحترام والتقدير.

الأستاذ الدكتور **محمد ناصر صوان**.

وكل الشكر والتقدير لمن لم يبخل يوماً بعلمه ووقته علي والذي تفضل بالإشراف العلمي عل البحث وأغنى أبحاثي بتوجيهاته، ومنحني من وقته وجهده وما بخل علي بعلمه واهتمامه وتوصياته السديدة التي أنارت دربي وصححت هفواتي، وله مني جزيل الفضل

الأستاذ الدكتور محمود سليمان

وكل الامتنان والشكر الكبير لأعضاء لجنة الحكم الذين تكرموا بتقييم هذه الأطروحة وتدقيقها فمنحوني الكثير من الوقت والجهد وكانوا منارة للعلم والمعرفة أهتدي بنور توجيهاتهم وملاحظاتهم القيمة ولهم مني جزيل الشكر والاحترام.

لا يسعني إلا أن أتوجه بجزيل الشكر والتقدير والامتنان إلى كل من ساهم في إرشادي وتسديد خطاي، وأخص بالشكر

الأستاذ المساعد الدكتور **محمد خير الدين طرشة** الأستاذ في قسم المواد الهندسية- كلية الهندسة الميكانيكية – جامعة حلب لتفضله بقراءة وتصحيح القسم الميكانيكي والاحتكاكي من الأطروحة.

كذلك المدرس محمد نادر قلعجي في قسم المداواة المحافظة كلية طب الاسنان – جامعة حلب لتفضله بقراءة وتصحيح قسم التغير اللوني والجرثومي من الأطروحة.

كما اشكر الدكتور عصام لاجين لمساعدتي في قسم التقييم الجرثومي. وكذلك الأستاذ امجد ماسوا في الدراسة الإحصائية.

واشكر زملائي الأعزاء، وإلى من شاركوني الهموم والآمال، ولم يبخلوا يوماً بمد يد العون.

أخيراً اشكر كل من كان له فضل علي فلم أشكره، وكل من أحبني فغفلت عنه، وكل من ذكرني ولم أذكره، إلى كل من ساعدني.ونصحني .وأرشدني   شكراً

الفهرس

المقدمة	10
هدف البحث Introduction	11
الباب الأول: المراجعة النظرية Literature Review	12
1-1-أقواس الكمبوزيت Composite archwires	13
1-2-آلية تصنيع السلك Fabrication Methodology of FRCs	16
1-3-خصائص أسلاك الكمبوزيت	20
1-4-الخواص الميكانيكية	20
1-4-1-تعاريف الخواص الميكانيكية	20
1-4-2-عوامل التحكم بسلك الكمبوزيت	23
1-4-3-عوامل التعرية والتأكل لسلك الكمبوزيت	24
1-4-3-1- التأثير الرطوبي	24
1-4-3-2- التأثير الحراري	25
1-5-المقاومة الاحتكاكية	27
1-5-1-مكونات الاحتكاك	29
1-5-2- التجارب الاحتكاكية	31
1-5-3-العوامل الرئيسية المؤثرة على الاحتكاك	32
1-5-3-1-خصائص المواد المتماسة	32
1-5-3-2-وزن الكتلة بالنسبة للسطح	40
1-5-3-3-الوسيط المزلق	42
1-5-3-4-عوامل فيزيائية أخرى	45
1-6-الخواص اللونية	46
1-6-1- فضاء الألوان	47
1-6-2-طرق قياس اللون	49
1-6-3- التغير اللوني	50
1-6-4- العوامل المؤثرة على التغير اللوني	51
1-6-4-1- العوامل الخارجية	51
1-6-4-2- العوامل الداخلية	52
1-7-الخواص الجرثومية والحيوية	53
1-7-1-الفلم الحيوي للويحة السنية	53
1-7-1-1- النظام الغذائي	54
1-7-1-2- المضيف	54
1-7-1-3- الجراثيم	55

الباب الثاني: المواد والطرائق Materials and Methods 60
2-1-عينة البحث 61
2-2-المواد 62
2-3-الطرائق 66
2-3-1-التقييم الأول: الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية 66
2-3-1-1- طرق اختبار المرونة Flexural test 67
2-3-1-2- طرق اختبار الاستعادة Recovery test 69
2-3-1-3- وثوقية التجربة Reliability of experiment 72
2-3-1-4-الدراسة الإحصائية Statistic Study 72
2-3-2-التقييم الثاني: القوى الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية مع الحاصرات 73
2-3-2-1-كيفية إجراء قياس قوى الاحتكاك 74
2-3-2-2-وثوقية التجربة Reliability of experiment 77
2-3-2-3-الدراسة الإحصائية: Statistic Study 77
2-3-3-التقييم الثالث: التغيير اللوني لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية 78
2-3-3-1-كيفية قياس التغير اللوني 79
2-3-3-2-وثوقية التجربة Reliability of experiment 82
2-3-3-3-الدراسة الإحصائية Statistic Study 82
2-3-4-التقييم الرابع: قابلية التلوث الجرثومي لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية 83
2-3-4-1-صفات العينة التي طبق عليها الأسلاك 83
2-3-4-2-كيفية إجراء الزرع الجرثومي لسلك الكمبوزيت 84
2-3-4-3-التمييز النوعي للمستعمرات الجرثومية 86
2-3-4-4-التمييز الكمي للمستعمرات الجرثومية 87
2-3-4-5-وثوقية التجربة Reliability of experiment 88
2-3-4-6-الدراسة الإحصائية Statistic Study 88
2-3-5-التقييم الإحصائي النهائي 89
الباب الثالث: النتائج Result 90
3-1- نتائج التقييم الأول: الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت 91
3-2- نتائج التقييم الثاني: الخواص الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت 116
3-3- نتائج التقييم الثالث: التغير اللوني لأسلاك الكمبوزيت 129
3-4- نتائج التقييم الرابع: التلوث الجرثومي لأسلاك الكمبوزيت 132
الباب الرابع: المناقشة Discussion 137
4-1-التقييم الأول: الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت 139
4-2-التقييم الثاني: الخواص الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت 159
4-3-التقييم الثالث: التغير اللوني لأسلاك الكمبوزيت 171

4-4-التقييم الرابع: التلوث الجرثومي لأسلاك الكمبوزيت 177
4-5-التقييم النهائي 182
الباب الخامس: الاستنتاجات Conclusions 185
الباب السادس: المقترحات والتوصيات Recommendations and Suggestions 188
الباب السابع: المراجع References 190
الملخص Summery 208
الملحق 213

فهرس الجداول

الجدول	المحتويات	الصفحة
1-1	مقارنة بين خواص أسلاك النيكل تيتانيوم و اسلاك Optis.	22
2-1	أنواع التصنيفات للتغير اللوني.	51
1-3	متوسطات الخواص الميكانيكية والانحراف المعياري للتجارب المجراة على الأسلاك بقطر 0.014 انش	91
2-3	متوسطات الخواص الميكانيكية والانحراف المعياري للتجارب المجراة على للأسلاك بقطر 0.016 انش	92
3-3	متوسطات الخواص الميكانيكية والانحراف المعياري للتجارب المجراة على للأسلاك بقطر h0.018 انش	93
4-3	مقارنة الخواص الميكانيكية للتجارب بالنسبة لقطر السلك.	97
5-3	مقارنة الخواص الميكانيكية لأقطار الأسلاك حسب التجربة.	104
6-3	اختبار Odds ratios - Chi Square لدراسة النسب المئوية لظرف التعرية على الخواص الميكانيكية	107
7-3	نسب العوامل الخفية التي تؤثر في الخواص الميكانيكية	108
8-3	متوسطات اختبار الاستعادة والانحراف المعياري.	108
9-3	مقارنة اختبار الاستعادة لأقطار الأسلاك حسب التجربة.	110
10-3	مقارنة اختبار الاستعادة على الأسلاك حسب الأقطار	114
11-3	متوسطات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيتينول للقطر 0.014 أنش.	116
12-3	متوسطات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيتينول للقطر 0.016 أنش.	117
13-3	متوسطات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيتينول للقطر 0.018 أنش.	118
14-3	فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيتينول بمختلف الأقطار بمرحلة الاحتكاك الحيادي.	120
15-3	فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيتينول بمختلف الأقطار بمرحلة الاحتكاك الفعال 50غ.	120
16-3	فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيتينول بمختلف الأقطار بمرحلة الاحتكاك الفعال 100غ.	121
17-3	مقارنة المقاومة الاحتكاكية حسب الأقطار لجميع المراحل.	123
18-3	مقارنة بين متوسطي المقاومة الاحتكاكية الناتجة عن نوعين من الحاصرات المختبرة.	125
19-3	مقارنة بين متوسط المقاومة الاحتكاكية حسب المراحل المختبرة.	128
20-3	متوسطات التغير اللوني الحاصل على أسلاك الكمبوزيت لمختلف ظروف التجربة.	130
21-3	الفروق بين متوسطات التغير اللوني لسلك الكمبوزيت.	131
22-3	مقارنة التغير اللوني مع عتبة اللون المرئية.	131
23-3	تأثير الملونات على فم المريض.	132
24-3	النسبة المئوية للعوامل الخفية غير المدروسة التي تؤثر في التغير اللوني غير الملونات المختبرة	132
25-3	خلاصة التمييز بين أشكال المستعمرات.	133
26-3	تعداد المستعمرات الجرثومية المتشكلة على نوعي الأسلاك المختبرة.	133
27-3	مقارنات أعداد المستعمرات الجرثومية المتشكلة على الأسلاك.	134
28-3	متوسطات المستعمرات الجرثومية المتشكلة بين الفك العلوي والسفلي بالنسبة للسلكيين المختبرين.	135
29-3	مقارنة المستعمرات المتشكلة بين الفك العلوي والسفلي للسلكيين.	135
30-3	الفروق بين تعداد العقديات المخضرة الطفرية والعتبة التصنيف.	136
31-3	اختبار odds ratios - Chi Square لمعرفة نسب نجاح بين سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت	137

الملحق

1	حساب النسبة الحجمية للألياف في سلك الكمبوزيت.	213
2	مقارنات الخواص الميكانيكية بين المجموعات حسب التجارب باستخدام تحليل ANOVA .	216
3	مقارنات الخواص الميكانيكية بين المجموعات حسب الأقطار باستخدام تحليل ANOVA.	217
4	مقارنات لاختبار الاستعادة بين المجموعات حسب التجارب باستخدام تحليل ANOVA.	219
5	مقارنات لاختبار الاستعادة بين المجموعات حسب الأقطار باستخدام تحليل ANOVA.	219
6	مقارنات المقاومة الاحتكاكية بين المجموعات حسب التجارب باستخدام تحليل ANOVA.	223
7	مقارنات المقاومة الاحتكاكية بين المجموعات حسب الأقطار باستخدام تحليل ANOVA.	225
8	يبين حساب زاوية تزوي الحاصرة بالمرحلة الفعالة أثناء تطبيق القوة.	227
9	المشعرات المستخدمة لاختيار المرضى للتقييم الجرثومي حسب (WHO).	231
10	تمييز الأنواع الثلاثة من أشكال المستعمرات عيانياً.	231
11	نتائج التلوين بالغرام للتعرف على نوعية الجراثيم.	231
12	نتائج تطبيق اختبار الكاتلاز والتعرف على نوعية الجراثيم.	231
13	نتائج تقييم درجة الانحلال الدموي حول المستعمرات.	232
14	نتائج التحسس لـ اوبتاشين للتأكيد على نوعية المكورات العقدية المخضرة (خاص بالعقديات).	232
15	نتائج التحسس لاختبار SXT لتمييز مجموعة المكورات العقدية المخضرة Strep.viridans	233
16	نتيجة الاختبارات لتحديد نوعية المستعمرات الجرثومية.	233

فهرس الأشكال

الشكل		الصفحة
1-1	دراسة الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف باختبار انحناء ثلاثي النقاط في جامعة مانتشستر (Swan & Silikas. 2009)	14
2-1	أنواع اتجاهات الألياف (Freilich et al. 2006)	15
3-1	الخواص الميكانيكية لعدة أنواع من الألياف	15
4-1	العامل اللاصق وآلية ارتباطه مع الليف الزجاجي (Gopal. 2003)	16
5-1	تقاص القالب المرن من مادة Polyolefin المستخدم لإلغاء التكسر والاجهادات على سلك(Huang et al. 2003)	17
6-1	عملية سحب ألياف ضمن القالب المرن بعد تشريبها بحوض البوليمير (Gopal. 2003)	17
7-1	عملية إزالة المادة الرابطة الزائدة بعد وضع السلك بشكل عمودي (Gopal. 2003)	18
8-1	عملية تقاص الأنبوب المرن بعد تعرضه لمنبع حراري لإنقاص قطر القالب إلى القطر المراد (Gopal. 2003)	18
9-1	عملية السحب الضوئي لأسلاك الكومبوزيت (Fallis & Kusy. 2000)	19
10-1	عملية البلمرة النهائية بعد تكييف السلك بشكل قوس (Huang et al. 2003)	19
11-1	الوضع النهائي للسلك الكومبوزيت بالمقارنة مع المعدني	19
12-1	جمالية أسلاك الكومبوزيت بالمقارنة مع السلك المعدني	20
13-1	مخطط الخواص الميكانيكية (Proffit. 2007)	21
14-1	تقارب الصلابة بين النيكل تيتانيوم وأسلاك Optis التجميلية من شركة EverStick	22
15-1	تقارب الصلابة بين النيكل تيتانيوم وأسلاك التجميلية من شركة IOS	22

16-1	تواجد فراغات داخل مقطع السلك ناتج عن عدم التشريب الجيد للألياف بالكومبوزيت (Lassila et al. 2002) .	24
17-1	إظهار المادة الغرائية بين الألياف والمادة الرابطة بالمجهر الالكتروني (Meric & Ruyter. 2007)	26
18-1	تأثير امتصاص الماء مع مرور الوقت (Meric & Ruyter. 2008)	26
19-1	تأثير استخدام العامل اللاصق مع الدورات الحرارية في المتانة المرنة (Meric & Ruyter. 2008)	27
20-1	خسارة الإرساء عند زيادة القوة المطبقة على الأسنان الخلفية (Southard & Marshall. 2007)	28
21-1	اتجاه المقاومة الاحتكاكية والقوة الناظمة (Reznikov et al. 2010)	28
22-1	الاحتكاك الساكن والحركي (Stefanos et al. 2010)	29
23-1	الوضع الحيادي والفعال أثناء الانزلاق (Zufall et al. 2000)	30
24-1	تقارب المقاومة الاحتكاكية لمختلف الثنائيات عند عدم تجاوز الزاوية الحرجة وبدء اختلاف المقاومة الاحتكاكية حسب القساوة عند تجاوز الزاوية الحرجة (Kusy & Whitley. 1999)	31
25-1	المظهر العياني لنوعي الحاصرات التجميلية	33
26-1	خشونة سطح الحاصرات تحت المجهر الالكتروني.	33
27-1	سطح الأسلاك باستخدام المجهر الالكتروني	37
28-1	منحني العلاقة بين ثخانة المادة المزلقة ومعامل الاحتكاك ((Rossouw et al. 2003(a)	45
29-1	تأثير سماكة المادة المزلقة((Rossouw et al. 2003(a)	45
30-1	أنواع السطوح حسب نوعية الترطيب(Rossouw et al. 2003)	45
31-1	ظاهرة التفاعل بين عناصر اللون (Ghu. 2003)	46
32-1	أنواع الأشعة الكهراطيسية سواء الطيف المرئي او غير المرئي (wee et al.2006)	47
33-1	الخصائص اللونية لنظام Munsell اللوني	48
34-1	الخصائص اللونية لنظام CIE LAB اللوني((Wee et al.2006(a)	48
35-1	آلية عمل Spectrophotometer (Ghu. 2003)	50
36-1	آلية عمل colorimeters بالمقارنة مع عين الإنسان (Li. 2003)	50
37-1	تشكل البقع البيضاء على الأسنان بعد نزع الحاصرات (Chapman et al. 2010)	53
38-1	تضافر الأسباب الرئيسية (Samaranayake. 2007)	54
39-1	ميكانيك التصاق البكتريا على سطح البوليمير (Montanaro et al. 2004)	56
40-1	التصاق العقديات على الألياف وعلى البوليمير المحيط - (Tanner et al. 2001)	58
1-2	الأسلاك المستخدمة من شركة IOS.	62
2-2	حامل مطاط ربط (Ligature gun) من شركة TP.	63
3-2	أنواع الملونات الطبيعية المستخدمة في تقييم التغير اللوني.	63
4-2	كاميرا light–induced fluorescence camera (SOPRO LIFE) من شركة Satilec .	64
5-2	ميزان الكتروني من شركة شركة Sartorius.	64
6-2	الحاضنة المستخدمة في حفظ العينات.	64
7-2	أطباق الآغار المدمى وأنابيب المصل الفيزيولوجي المستعملة للزرع الجرثومي.	65
8-2	الاختبارات المستخدمة للتعرف على الجراثيم.	65

9-2	جهاز لعد الجراثيم.	65
10-2	جهاز آلة الاختبار Universal Testing Machine -(Testometric) موديل 350M.	66
11-2	درجة تقوس رؤوس اختبار ثلاثي النقاط للحصول على الخواص الميكانيكية لأسلاك البوليمير.	67
12-2	آلية إجراء اختبار الانحناء ثلاثي النقاط.	67
13-2	التجربة المجراة للعينات للحصول على الخواص الميكانيكية.	68
14-2	رسم تمثيلي لاختبار الاستعادة.	69
15-2	وزن العينات أثناء غمرها بالماء بدرجة حرارة 37 درجة.	70
16-2	درجات الحرارة المستخدمة أثناء اختبار الدورة الحرارية.	71
17-2	اختبار انحناء ثلاثي النقاط مع المخطط التابع له.	71
18-2	وضعية الحاصرة بالنسبة للمحور الطولي للناب.	73
19-2	كيفية التأكد من مركزية السلك في الحاصرة.	74
20-2	تصميم التجربة لقياس المقاومة الاحتكاكية بشكل حيادي.	74
21-2	قياس المقاومة الاحتكاكية بشكل فّعال active.	75
22-2	تصوير العينة على خلفية بيضاء باستخدام الكاميرا light–induced fluorescence camera مع الرأس المطاطي لمنع تأثير الإضاءة الجانبية.	78
23-2	الملونات الطبيعية المستخدمة بالتجربة.	81
24-2	وضع أسلاك الكمبوزيت داخل الفم لفحص التغير اللوني للأسلاك.	81
25-2	الأسلاك المطبقة بالفم لدراسة التلوث الجرثومي.	84
26-2	وضع العينة بالمصل الفيزيولوجي للحصول على المعلق الجرثومي.	84
27-2	تعقيم loop ونقل المعلق الجرثومي.	84
28-2	طريقة فرش المعلق الجرثومي على سطح الآغار للحصول على مستعمرات منفصلة حسب Samaranayake.	85
29-2	فرش المعلق الجرثومي باستخدام loop.	85
30-2	وضع الأطباق في الحاضنة.	85
31-2	المستعمرات الجرثومية الناتجة بعد الزرع على أطباق البتري.	86
32-2	اختبار التحسس (OPT،SXT) لتحديد نوعية المكورات العقدية.	86
33-2	مخطط اختبارات لمعرفة أنواع المستعمرات الناتجة حسب Samaranayake 2007.	87
34-2	جهاز عد الجراثيم Digital colony counter .	87
35-2	عد المستعمرات الجرثومية المتشكلة على طبق الآغار باستخدام جهاز عد الجراثيم Digital colony	89
1-3	متوسطات الخواص الميكانيكية لأسلاك التجربة وبمختلف الأقطار.	94
2-3	متوسطات الخواص الميكانيكية حسب الأقطار لمختلف التجارب.	102
3-3	مقدار القوة الناتجة عن اختبار الاستعادة لجميع التجارب والأقطار.	109
4-3	توزع المتغيرات اختبار الاستعادة حسب الأقطار.	113
5-3	توزع متوسطات الاحتكاك الساكن والحركي حسب التجارب.	118
6-3	متوسطات الاحتكاك الساكن والمتحرك حسب الأقطار.	122
7-3	الاحتكاك الساكن والحركي حسب الحاصرات.	124

8-3	الاحتكاك الساكن والمتحرك حسب المراحل المطبقة بالتجربة.	127
9-3	متوسطات التغير اللوني لسلك الكمبوزيت بالمقارنة مع عتبة اللونية.	130
10-3	متوسطات أعداد المستعمرات الجرثومية سواء لسلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت.	134
11-3	مقارنة بين عدد المستعمرات الجرثومية على السلك المعدني أو البوليمير.	134
12-3	متوسطات المستعمرات الجرثومية بين الفكين للسلكيين المختبرين.	135
13-3	تعداد العقديات الطفرية ومقارنتها مع عتبة الوبائية.	136
1-4	مخطط سلوك سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت باختبار ثلاثي النقاط لدراسة الخواص الميكانيكية.	145
2-4	المنحى العلوي والسفلي والمسافة العمودية بين المنحنيين لمخطط حمولة– انحراف (Liaw et al. 2007)	146
3-4	منحنى الحمولة والتفريغ لسلك النيكل تيتانيوم (A) وسلك الكمبوزيت FRC (B) قطر0.018 أنش.	148
4-4	درجة الانحراف لسلك الكمبوزيت أثناء وضع السلك في الحاصرات (Goldberg et al. 2011).	151
5-4	مخططات امتصاص الماء لسلك الكمبوزيت للأقطار الثلاثة خلال 31 يوما.	152
6-4	تأثير الزمن في القوة الناتجة عن الأسلاك، سلك كمبوزيت، سلك معدني(Goldberg et al. 2011).	158
7-4	مقارنة النابضية والصلابة بين التجارب المطابقة على سلك الكمبوزيت.	159
8-4	المتوسطات الحسابية للمقاومة الاحتكاكية بين أنواع الأسلاك المختبرة مع نوعي الحاصرات.	160
9-4	مخطط الاحتكاك الساكن والحركي لسلك الكمبوزيت مع حاصرة الخزف، وسلك النيكل تيتانيوم مع حاصرة الخزف.	163
10-4	بقايا الطبقة الواقية المتمزقة الناتجة عن وضع السلك بالفم لمدة شهر.	171
11-4	المتوسطات الحسابية والخطأ المعياري للتغير اللوني الحاصل لسلك الكمبوزيت لمختلف التجارب مع عتبة التغير اللوني المقبولة سريرياً.	172
12-4	مخطط امتصاص الماء لمدة شهر من الغمر بالماء المقطر.	173
13-4	التصبغ الواضح بصريا في حال عدم وجود طبقة واقية.	176
14-4	تأثير التصبغ في أطراف السلك نتيجة انحلال البوليمير حسب دراسة (Silva et al. 2012).	177
15-4	تأثير التصبغ في أطراف السلك.	177
16-4	متوسطات أعداد المستعمرات الجرثومية سواء لسلك النيكل تيتانيوم اوسلك الكمبوزيت.	177
17-4	تأثير التصدع نتيجة قلة الصلابة في زيادة المستعمرات الجرثومية.	179
18-4	صورة السلك بعد 30 يوما من وضعه بالفم يبين تأثير البيئة الفموية في تقشر الطبقة الواقية.	180
19-4	تعداد العقديات الطفرية ومقارنتها مع عتبة الوبائية.	181
	الملحق	
1	المواصفة القياسية العالمية (ASTM D 790 standard).	213
2	المواصفة القياسية العالمية (ASTM F 1634 standard).	214
3	مخططات اختبار ثلاثي النقاط لدراسة الخواص الميكانيكية بالإضافة إلى مخططات اختبار الاستعادة.	214
4	كيفية نمذجة الرباط.	221
5	كيفية اجراء تجربة الاحتكاك.	221
6	المخططات الناتجة عن المقاومة الاحتكاكية.	222
7	آلية التحليل اللوني باستخدام برنامج photoshop.	228

8	تطبيق أسلاك الكمبوزيت للمرضى لتقييم التغيير اللوني.	230
9	تلون أسلاك الكمبوزيت وفق ملونات التجربة.	230

المقدمة:

يرغب المرضى الخاضعون للمعالجة التقويمية للسؤال عن تأمين الناحية الجمالية للجهاز أو أن يكون غير مرئي.

تم إنتاج عدة وسائل تقويمية تجميلية لتحقيق رغبة المرض منها:

1- الحاصرات التجميلية: تصنع من مادة البولي كربونات Polycarbonate البلاستيكية أو من السيراميك Polycrystalline alumina بالإضافة إلى استعمال الأسلاك المعدنية معها، ولكن اخذ عليها قصافتها مما يسبب كسرها وأذية النسـج المحيطة بالإضـافة إلى اسـتخدام الأسلاك المعدنية المغلفة بالتفلون polytetrafluoroethylene (Teflon) ولكن تتقشر المادة المغلفة للأسلاك مع مرور الوقت بسبب المعالجة مما يظهر المادة المعدنية وبالتالي تشوه المظهر الجمالي وكما يعاني السلك المغلف من خشونة السطح فيسبب إعاقة الانزلاق على مستوى الحاصرة (Eliades. 2007).

2- التقويم اللساني Lingual Braces: تستخدم حاصرات من الجهة اللسانية لتأمين المظهر الجمالي للمريض، لكن سببت عدم ارتياح المريض من حيث المضغ والأكل والكلام بالإضافة إلى تشكل قرحات رضية على اللسان، بالإضافة إلى الكلفة العالية والتدريب الخاص للأطباء على هذه التقنية مما أدى الى تناقص الرغبة في استخدامها (Eliades. 2007)

3- راصف الأسنان Teeth Aligners: تُستخدم طبقة بلاستيكية لرصف الأسنان Invisalign® System، لكن أُخذ عليها محدودية المعالجة لحالات سوء الإطباق الخاصة بالبالغين، كما تتطلب تدريباً خاصاً (Eliades. 2007).

ويبقى الجهاز الثابت التقليدي هو الأكثر انتشاراً مع محدودية الجمالية للحاصرات المعدنية، اذ يتطلب انجاز أجهزة تقويمية شفافة تلبي المتطلبات الجمالية للمرضى يتم تطبيقها على جميع درجات سوء الإطباق، وبالتالي تطبيق جميع الإجراءات الميكانيكية خلال المراحل الثلاث للمعالجة ودون تدريب خاص لأطباء الأسنان.تمت في هذا البحث دراسة منتج جديد وهو أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف من خلال تحديد بعض الخواص الميكانيكية والاحتكاكية واللونية والجرثومية لمعرفة مدى تأمين الناحية الجمالية والوظيفية الميكانيكية والحيوية في فم المريض.

هدف البحث :

تقييم أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية التقويمية وبأقطارمختلفة من حيث:

- خواصها الميكانيكية مقارنةً مع أسلاك النيكل تيتانيوم، وتأثير ظروف التعرية من رطوبة وحرارة وبيئة الفموية في خواص أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف.
- قوى الاحتكاك الناتجة عن نوعين من الحاصرات التجميلية (الخزفية والكريستال) مع أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف مقارنةً مع أسلاك النيكل تيتانيوم.
- التغير اللوني للأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف بالملونات الطبيعية والوسط الفموي.
- قابلية التلوث الجرثومي في الوسط الفموي للأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف مقارنةً مع أسلاك النيكل تيتانيوم.

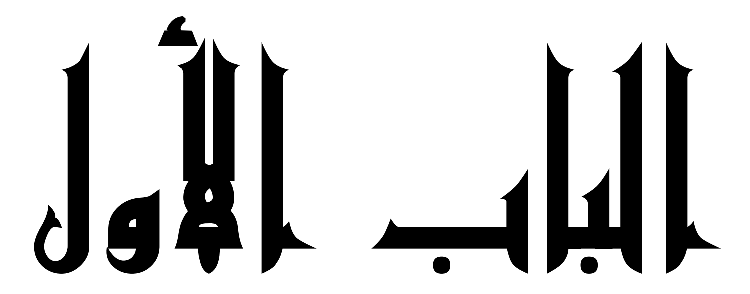
فرضيات العدم :

1- لا يوجد فرق بين الأسلاك المعدنية وأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف من حيث الخواص الميكانيكية.

2- لا يوجد فرق لقيم الاحتكاك بين أنواع الحاصرات التجميلية وأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف أو الأسلاك المعدنية

3- لا يوجد تأثير للوسط الفموي أو المخبري في المعايير اللونية للأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف.

4- لا يوجد فرق بين الأسلاك المعدنية والكمبوزيت المقوى بالألياف من حيث التلوث الجرثومي بالوسط الفموي.





Literature Review

المراجعة النظرية:

أصبحت المعالجة التقويمية أكثر شيوعاً لدى المرضى البالغين الذين يطلبون تحسين المظهر الجمالي لأجهزة التقويم، مما دفع الشركات إلى العمل على تحسين الأسلاك التجميلية وتحقيق المواءمة بين تأمين الناحية الجمالية والوظيفة الميكانيكية لها.

كانت هناك محاولات لإنتاج الأسلاك التجميلية لتطبيقها على جميع درجات سوء الإطباق منها:

- الأسلاك المعدنية المطلية Coated metallic wires:

كانت أولى المحاولات لتحقيق الأسلاك التجميلية عام 1970 من شركة RMO بتغطية الأسلاك المعدنية بطبقة من البلاستيك أو التفلون ولكن تبين مع مرور الوقت تقشرها وتلونها بسبب المعالجة مما يظهر المادة المعدنية، بالتالي تشوه المظهر الجمالي، كما يعاني السلك المطلي من خشونة السطح فيسبب إعاقة الانزلاق على مستوى الحاصرة (Postlethwaite. 1992. In: Gopal. 2003).

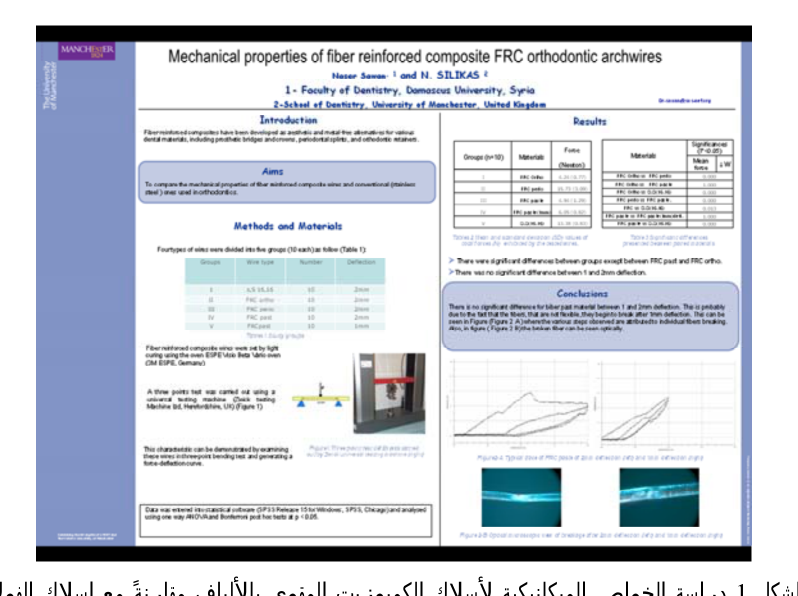
- الأسلاك التجميلية Optiflex:

أُنتجت أسلاك لا معدنية بالكامل تحت اسم الأقواس التجميلية الشفوية الكاملة Totally aesthetic labial archwire باسم تجاري Optiflex تتألف من ثلاث طبقات: الأولى من الداخل مصنعة من السيليكا silica يليها طبقة وقائية من ريزين السليكون silicon resin، يغطي السلك طبقة خارجية من النيلون (nylon) للحماية من التصبغ، وظيفة الطبقة الخارجية منع الأذى للسلك وزيادة المتانة. تنتج هذه الأسلاك قوى تقويمية خفيفة جداً لا تناسب الاستعمال السريري، لذلك تحتاج إلى تحسين في خصائصها الميكانيكية (Lim et al. 1994).

1- أقواس الكمبوزيت Composite archwires

قُدمت أسلاك البوليمير المقوى بألياف الزجاج Fiber-Reinforced polymer wires (FRPs) منذ منتصف التسعينات في الولايات المتحدة واليابان لتحقق المعضلة الميكانيكية والجمالية (Valiathan & Dhar. 2006, Imia et al. 1998).

أجريت عدة أبحاث عن تلك الأسلاك من شركة Everstick في بريطانيا وفلندا منها دراسة الأستاذ صوان وزميله الباحث Silikas في جامعة مانتشستر على قطع من أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف يتم تصليبها بالفرن قبل بدء التجربة مقارنة مع أسلاك الفولاذ غير القابل للصدأ (Swan &silikas. 2009)، الشكل 1.



الشكل 1 دراسة الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف مقارنةً مع اسلاك الفولاذ غير القابل للصدأ باختبار انحناء ثلاثي النقاط في جامعة مانتشستر (Swan & Silikas. 2009)

تتكون أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف من:

- المادة الرابطة Matrix: مكونة من بوليمير مصاب حرارياً أو مصاب كيميائياً أو ضوئياً Thermoset (Imia et al. 1998) كـ polymethyl methacrylate [PMMA] أو Epoxy resins أو Dental resins [MMA] أو Bis-GMA او TEGDMA.

تقوم المادة الرابطة في أسلاك الكومبوزيت المدعم بعدة وظائف (Watari et al. 1998):

1) - ربط الألياف مع بعضها البعض والحفاظ على التوزع الحجمي لها ضمن السلك مما يسبب ليونة ومرونة للألياف ويمنع انتشار تقصف الليف من الليف.

2) - توزيع الحمولات والاجهادات الخارجية على الألياف.

3) - حماية الألياف من التأثيرات الخارجية الميكانيكية (السحل) والكيميائية (البيئة الفموية).

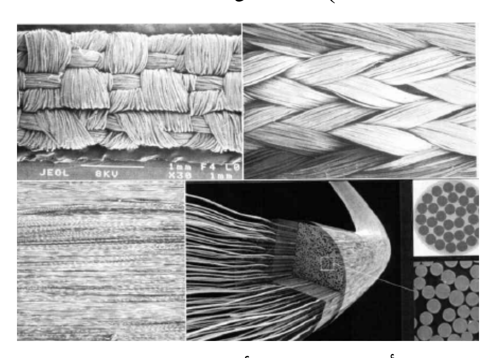
4) - إعطاء الشكل العام للسلك وتحديد أبعاد مقطعه.

تتميز تلك البوليمرات المستخدمة كمادة رابطة بخواص ميكانيكية بالإضافة إلى الخصائص اللونية الشفافة والمتوافقة حيوياً.

- ألياف التقوية [التسليح] Reinforcement Fiber (Imia et al. 1998)

تفيد الألياف بإنقاص قابلية النفوذية permeability وقابلية الاستطالة ductility للمادة الرابطة البوليميرية، بالتالي يؤثر عدد الألياف وقطرها على زيادة معامل المرونة وبالتالي زيادة الصلابة، كما وجد أن الألياف المستمرة والمستقيمة continuous and align ووحيدة الاتجاه

unidirectional هي الأفضل للأسلاك التقويمية بسبب زيادة المتانة، وبالتالي الحصول على الخواص الميكانيكية المطلوبة من الألياف ثنائية الاتجاه bidirectional كنسيج weave أو الضفائر woven (Freilich et al. 2006)، الشكل 2.



الشكل 2 يبين أنواع اتجاهات الألياف (Freilich et al. 2006)

هناك ثلاثة أنواع من الألياف (Gopal. 2003) هي الأراميد aramid والكربون carbon والزجاج glass. تمتاز ألياف الأراميد بأنها مصنعة من الهيدركربون hydrocarbon عالي المتانة مثل Kevlar، أما ألياف الكربون فتمتاز بمتانة وصلابة عاليتي القيم، بالإضافة إلى غلاء ثمن إنتاجها، أما الألياف الزجاجية فهي الأكثر شيوعاً وأرخصها سعراً وذات خصائص شفافة ممتازة مقارنةً بالأنواع الأخرى من الألياف، كما تعد الأخيرة متينة نسبياً وخاصةً عند استخدامها مع المادة الرابطة البوليميرية (Gopal. 2003)، الشكل 3.

Type of Fiber	Tensile Strength (GPa)	Tensile Modulus (GPa)
Carbon	2 – 5.3	160 – 440
Aramid	3.1 – 3.6	60 - 180
Glass	2.4 – 3.7	69 - 86

Source: http://www.netcomposites.com/education.asp?sequence=30

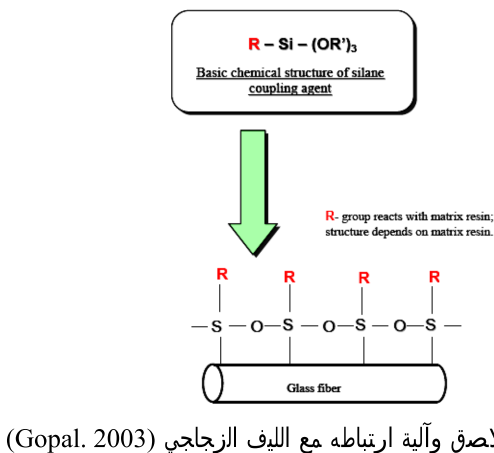
الشكل 3 يبين الخواص الميكانيكية لعدة أنواع من الألياف

- السطح البيني بين الألياف والمادة الرابطة Fiber-Matrix interface:

تفيد عملية المعالجة بين الألياف والمادة الرابطة، بواسطة عامـل الإلصـاق Silane coupling agent، بتعزيز الإلصاق الكيميائي بينهما، وبالتالي زيادة المتانة والتجانس فـي تـوزع القـوة المحملة على المادة الرابطة مما يحسن الخواص الميكانيكيـة (Meric. 2007، Gopal. 2003).

لعامل الإلصاق Silane coupling agent جذران مميزان: OR- & R–، يتحلـل الجـذر OR بالماء إلى شكل جذر silanol يتفاعل مع جذر الهيدروكيسل لسطح الألياف الزجاجية (مواد غير عضوية inorganic material)، أما الجذر R فيتفاعل مع المادة الرابطـة العضـوية organic

material وكنتيجة يعمل الجذران كرابط كيماويٍ بين المواد العضوية وغير العضوية، الشـكل 4، (Gopal. 2003).



الشكل 4 العامل اللاصق وآلية ارتباطه مع الليف الزجاجي (Gopal. 2003)

هناك عدة أنواع من مواد الإلصاق المستخدمة لمعالجة الألياف مع المادة الرابطة البوليميرية:

1- γ-aminopropyltriethoxy silane (amino silane).

2- γ-glycidoxypropyltrimethoxy silane (epoxy silane).

3- γ-metacryloxypropyltrimethoxy silane (metacrylate silane).

حيث تتأثر هذه العملية بتركيز المادة اللاصقة وبدرجة حرارة وزمن تطبيقها.

- غلاف خارجي واقي رقيق، مقاوم للحت وذو صفات احتكاكية منخفضة متقبل حيويا وشفاف يتكون من مادة Poly(chloro-*p*-xylylene) او Di-p-Xylylene وتغطي هذه المادة معظم الأدوات الطبية كقثطرة والبطارية القلبية.

2- آلية تصنيع السلك Fabrication Methodology of FRCs:

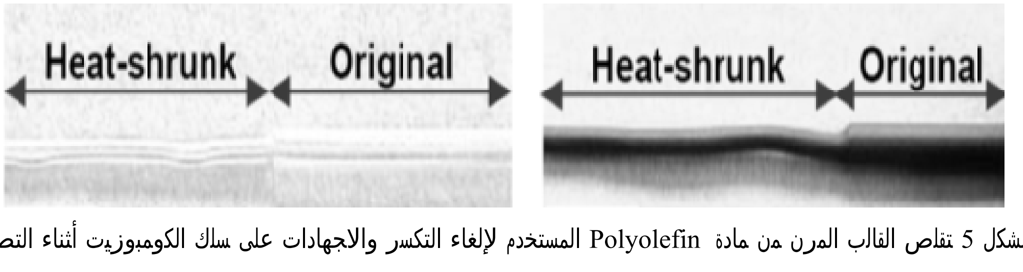
قُدم بحثان علميان (kusy et al. 1999, Imia et al. 1998) عن آلية تصنيع سلك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية FRCs، والتي تعتمد على آلية السحب pultrusion.

يصنع السلك على مرحلتين:

المرحلة الأولى First process:

يصنع السك بشكل طولاني مستقيم بمقطع دائري أو مضلع ذو بلمرة أولية بطريقة سحب الألياف من خلال قالب أنبوبي من النوع القاسي زجاجي أو فولاذي تمر فيه الألياف المغمورة مسبقاً في المادة الرابطة البوليميرية، ثم يصلب بالحرارة او الضوء. يُسبب سحب الألياف من خلال قالب صغير قاسي Small die من الزجاج (Imia et al. 1998) او الفولاذ (kusy et al. 1999) إلى

زيادة الاجهادات على الألياف مسبباً تحطمها وخاصة الأقطار الصغير المستخدمة تقويمياً، بالإضافة إلى سوء توزع الألياف خلال مقطع السلك مسبباً فقاعات بين الألياف؛ لتلافي هذه الظاهرة استخدمت تقنية جديدة تعتمد على تقلص القالب Tube-Shrinkage Technique باستخدام أنبوب مرن Flexible polymeric tube من مادة Polyolefin *(Sumitube,Japan)* يتمتع بقدرته على التقلص بالحرارة (Huang et al. 2003)، مما يلغى التكسر والإجهادات المتبقية أثناء التصنيع، ويمكن تكييفه لأي طول او مقطع بالإضافة إلى سهولة إدخال الألياف في القطر الأولي الذي هو اكبر من القطر النهائي المطلوب، الشكل 5 .(Gopal. 2003، Huang et al. 2003)

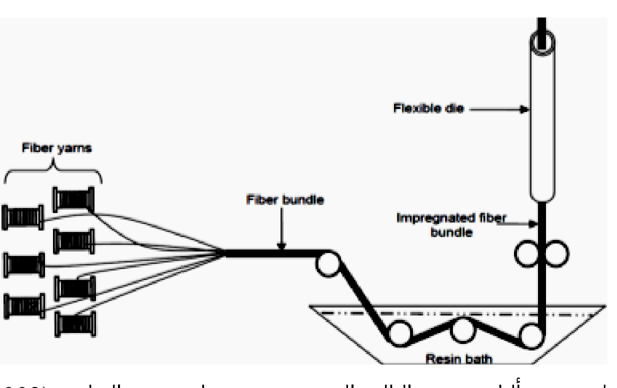


الشكل 5 تقلص القالب المرن من مادة Polyolefin المستخدم لإلغاء التكسر والاجهادات على سلك الكومبوزيت أثناء التصنيع (Huang et al. 2003)

يتم تحقيق البلمرة الأولية للسلك بطريقتين حرارية وضوئية حسب نوعية المادة الرابطة المستخدمة:

1- السحب الحراري Thermal-pultrusion.

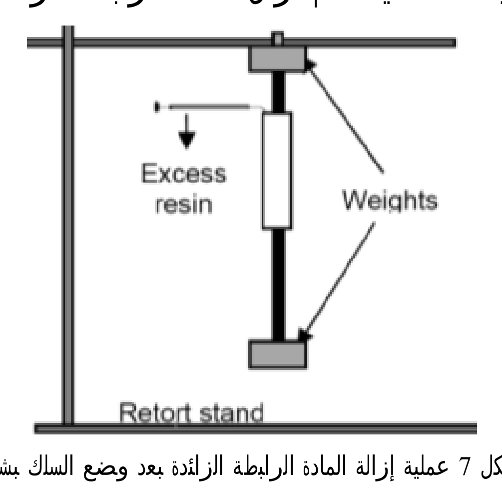
يتم فتل حزمة من عدة ألياف مع بعضها البعض لتشكل حزمة من الألياف تمر من خلال حوض من المادة الرابطة الخالي من الفقاعات باستخدام الفاكيوم، ثم سحب الألياف المشربة بالمادة الرابطة البوليمرية من خلال القالب المرن flexible die بقطر أولي 1.5ملم بطول محدد مسبقاً، الشكل 6.



الشكل 6 عملية سحب ألياف ضمن القالب المرن بعد تشريبها بحوض البوليمير(Gopal. 2003)

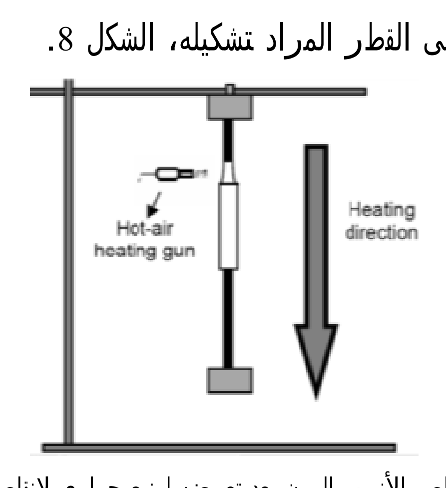
تُوضع نهايتا الحزمة الناتجة من السحب ضمن مربط خاص بشكل عمودي ويعلق ثقل على

الطرف الأخر من السلك لجعله مستقيما، ثم تزال المادة الرابطة الزائدة من القالب، الشكل 7.



الشكل 7 عملية إزالة المادة الرابطة الزائدة بعد وضع السلك بشكل عمودي (Gopal. 2003)

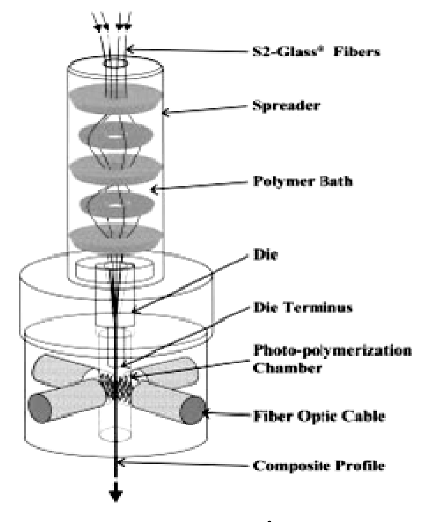
يستخدم مدفع من الهواء الساخن او من خلال مصدر حراري بحرارة 180° مئوية لتقلص القالب، حيث يبدأ التقلص من الأعلى إلى الأسفل للحصول على تقلص متناظر من جميع الجهات، وبالتالي إنقاص قطر القالب إلى القطر المراد تشكيله، الشكل 8.



الشكل 8 عملية تقلص الأنبوب المرن بعد تعرضه لمنبع حراري لإنقاص قطر القالب إلى القطر المراد الحصول عليه (Gopal. 2003)

2- السحب الضوئي Photo-pultrusion (Fallis & Kusy. 2000)

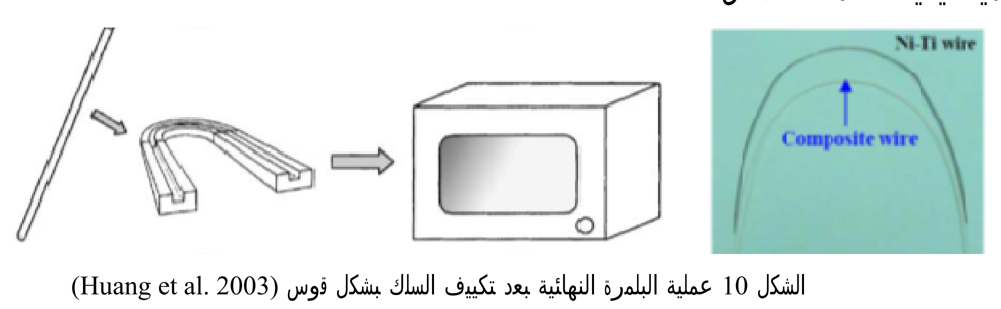
تستخدم الإجراءات السابقة نفسها، ولكن تحـدث البلمـرة الأوليـة باسـتخدام الأشـعة فـوق البنفسجية UV من حجرة ضوئية ذات طول موجـة مـن 300-450 نـانومتر، وتُعـد هـذه العملية ذات فعالية عالية مـن خـلال الـتحكم بـردود الفعـل الأوليـة initiation reaction، من فوائدها زيادة القساوة ومقاومة الحت والإقـلال مـن تقلـص البلمـرة مقارنـةً بطريقـة السحب الحراري (Cacciafesta et al. 2007)، الشكل 9.



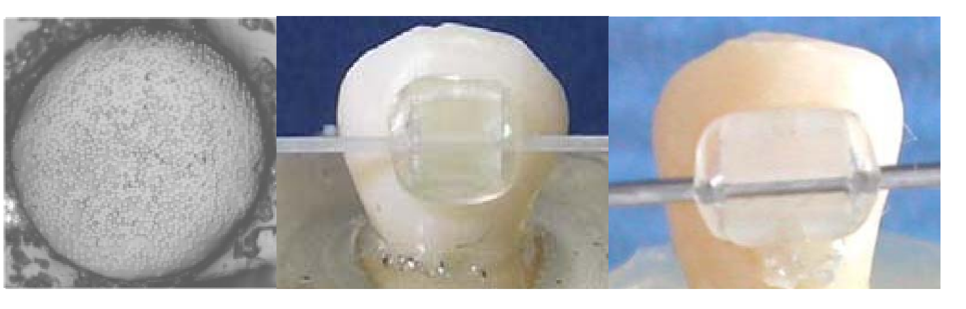
الشكل 9 عملية السحب الضوئي لأسلاك الكومبوزيت (Fallis & Kusy. 2000)

المرحلة الثانية Secondary process (Beta Staging):

يكيف القالب المقلـص المسـتقيم وبداخلـه سـلك الكومبوزيـت ذو البلمـرة الأوليـة initial polymerization ضمن قالب لتشكيل قـوس Arch للحصـول علـى البلمـرة النهائيـة final polymerization، يوضع القالب ضمن الفرن الخاص بعـد التكييـف. فـإذا كـان البـوليمير ذا تصاب ضوئي فيحتاج إلى بلمرة حـوالي 90 ثانيـة، أمـا إذا كـان البـوليمير ذا تصـلب حراري، فيوضع بالفرن بدرجة °100 درجة مئويـة لمـدة سـاعتين حتـى الحصـول علـى البلمـرة النهائيـة (Toyoizumi et al. 1999)، وعندئـذ يتمتـع السـلك بجميـع الخـواص الميكانيكية الكاملة، الشكل 10-11.



الشكل 10 عملية البلمرة النهائية بعد تكييف السلك بشكل قوس (Huang et al. 2003)



الشكل 11 الوضع النهائي لسلك الكومبوزيت بالمقارنة مع المعدني

3- خصائص أسلاك الكمبوزيت:

تعمل الأسلاك من خلال شق الحاصرة على تحريك الأسنان لتصحيح سوء الإطباق بتطبيق قوة خفيفة على مستوى جذور الأسنان لتحريض ضغط دموي حوالي 15-20 غ/سم^2، يولد هذا الضغط قوة تتراوح بين 0.5-3 نيوتن، لأن القوة الخفيفة تنقص إزعاج المريض باستمراريتها وتنقص الاستحالة الهيالينية للنسج نتيجة الامتصاص، فالسلك المثالي هو الذي لديه مرونة جيدة وقدره على إنتاج قوة خفيفة ومستمرة تتجاوز فترة الاستعمال (Kapila et al. 1989).

3-1- خواص الأسلاك التقويمية المثالية: (Kapila et al. 1989, Evans et al. 1998)

1) - ذات خواص ميكانيكية ملائمة للاستخدام التقويمي، من حيث الارتدادية والمتانة والمرونة والصلابة ومجال انحرافها.

2) - ذات معامل احتكاكي منخفض.

3) - تحقق المتطلبات الجمالية دون أن تؤثر في فعاليتها الارتدادية، الشكل 12.

4) - أن تكون مقبولة حيوياً وغير ضارة poor biohost.

الشكل 12 جمالية أسلاك الكمومبوزيت بالمقارنة مع السلك المعدني (Imai et al. 1998).

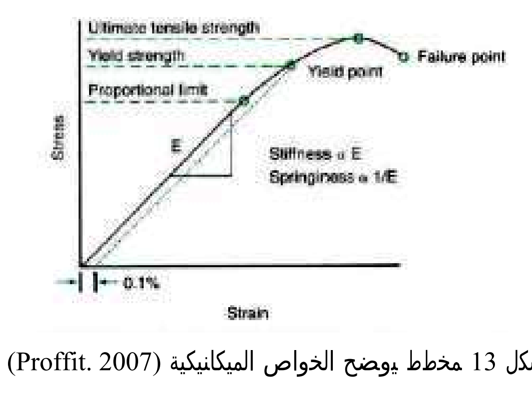
4- الخواص الميكانيكية:

تفيد معرفة الخصائص الميكانيكية لأي خليطه تقويمية في حسن اختيارها للمرحلة المناسبة للعلاج التقويمي، وبالتالي توقع نتائج المعالجة المثالية (Kapila et al. 1989)

فمثلا يقدم اختبار الانحناء Bending Test بعض المعلومات عن سلوك السلك عند تطبيق الانحناء من الدرجة الأولى والثانية، بينما يعكس اختبار الفتل Torsional Test للسلك درجة الفتل المستخدمة لانحناء من الدرجة الثالثة.

4-1-تعاريف الخواص الميكانيكية: توصف الخصائص الميكانيكية للسك باستخدام اختبار (الفتل- الانحناء – الشد) حد الخضوع Yield Strength ومعامل المرونة Modulus of Elasticity والارتدادية Springback (Zufall et al. 2000):

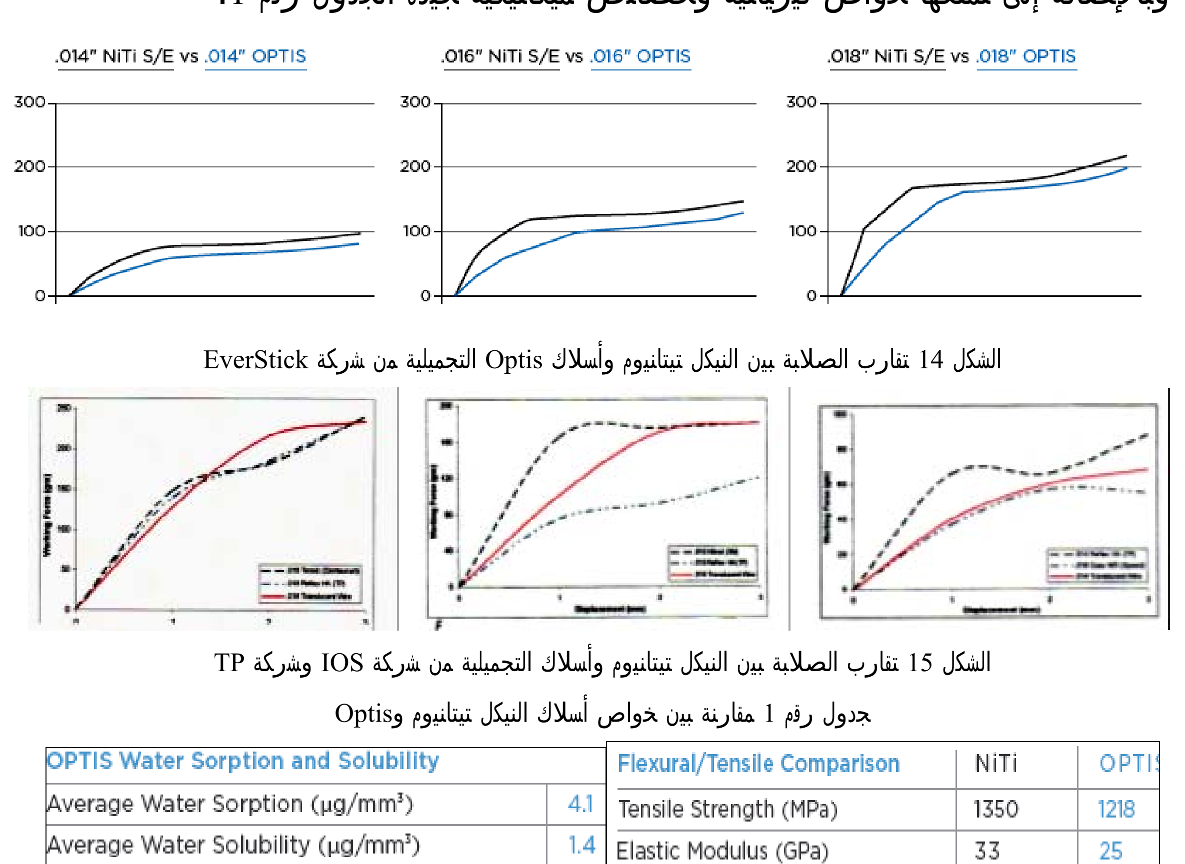
- حد المرونة على الانحناء Bending Modulus [σ_e] : أو حد التناسب (proportional limit) هو إجهاد حد المرونة، أي هو أقصى إجهاد يمكن أن تتحمله المادة دون أن يتغير شكلها تغيراً دائماً (دون حصول تشوه دائم) بل تعود إلى أبعادها الأساسية تماماً بإزالة هذا الإجهاد.
- حد الخضوع على الانعطاف Flexural Yield Strength [σ_y]: نقطة بدء المادة بالخضوع (التشوه) وتمثل 0.2 إلى 0.35 من قيمة الانفعال الحادة التي تطرأ على المادة المرنة أو بتعبير آخر هي النقطة التي يزداد عندها الانفعال بشكل ملحوظ دون زيادة واضحة بالإجهاد.
- حد مقاومة الانعطاف Flexural Strength [σ_r]: هي مقاومة المادة للانقطاع (أي أقصى إجهاد يمكن أن تتحمله المادة حتى تنقطع أو تنكسر).
- المتانة Toughness: وهي الطاقة اللازمة لانهيار المادة، ويعبر عنها بالمساحة المحصورة أسفل منحني السلوك.
- صلابة الانحناء Bending Stiffness: هي مقاومة المواد المجهدة ضد الانفعال في مرحلة المرونة، وتمثل عملياً ميل منحني السلوك في منطقة المرونة وتقاس بعتبة عامل المرونة E، حيث تقدم الصلابة المنخفضة قدرة على تطبيق قوى منخفضة الشدة وثابتة مع الزمن أثناء التخامد.
- الارتدادية أو النابضية Spring back: تشير إلى مجال التنشيط الأعظمي دون تشوه أو مجال العمل وهي قيمة الانفعال للانحناء الذي يمكن إحداثه للسلك دون ان يصل إلى مرحلة التشوه الدائم، وتقدم القيمة العالية من الارتدادية قدرة على تطبيق تنشيط كبير مع زيادة في زمن المعالجة.
- إجهاد الشد الأعظم Ultimate bending Strength [σ_u]: الإجهاد النهائي الذي تنهار عنده المادة ، أحيانا ينطبق اجهاد الشد الأعظم مع أقصى إجهاد خاصة في المواد القصفة.



الشكل 13 مخطط يوضح الخواص الميكانيكية (Proffit. 2007)

يستخدم اختبار الانحناء ثلاثي النقاط Three point bending test لتحديد الصفات الميكانيكية للأسلاك لأنه يعد اقرب إلى الواقع السريري من اختبار الشد، لأن توزع الجهود في السلك يشبه توزع تلك الجهود الناتجة عن القوى الوظيفية. ويعد مزيج من اختبار الشد ويمثله السطح السفلي للسلك واختبار الضغط ويمثله السطح العلوي من السلك أثناء اختبار الانحناء. تحدد من خلاله المرونة والصلابة وقابلية التشوه دون انهيار مع القدرة على الارتداد بعد التشوه. فحتى يستطيع السلك تطبيق قوة مستمرة لتحريك الأسنان، ينبغي أن يكون لديه القدرة على اختزان وإطلاق الطاقة وتنتج عملية اختزان الطاقة من خلال تطبيق عملية التشوه المرن بفعل الحمولة أو القوة (Brantely & Eliades. 2001(a)).

أنتجت عدة شركات عالمية (EverStick، IOS- TP Orthodontics) أقواس كومبوزيت مقوى بالألياف جاهزة بالأسواق لعدة أقطار وبينت دراستهم الميكانيكية باستخدام اختبار الانحناء ثلاثي النقاط ان صلابة الأسلاك كانت مقاربة لصلابة أسلاك الرصف النيكل تيتانيوم الشكل 14-15. وبالإضافة إلى تمتعها خواص فيزيائية وخصائص ميكانيكية جيدة الجدول رقم 1.



الشكل 14 تقارب الصلابة بين النيكل تيتانيوم وأسلاك Optis التجميلية من شركة EverStick

الشكل 15 تقارب الصلابة بين النيكل تيتانيوم وأسلاك التجميلية من شركة IOS وشركة TP

جدول رقم 1 مقارنة بين خواص أسلاك النيكل تيتانيوم وOptis

OPTIS Water Sorption and Solubility	
Average Water Sorption (µg/mm³)	4.1
Average Water Solubility (µg/mm³)	1.4

Flexural/Tensile Comparison	NiTi	OPTIS
Tensile Strength (MPa)	1350	1218
Elastic Modulus (GPa)	33	25

2-4- عوامل التحكم بالخواص الميكانيكية لسلك الكومبوزيت: يتم التحكم عن طريق

1- قطر الليف [fiber diameter] (Imia et al. 1998، Cacciafesta 2008).

2- عدد الألياف [number of filaments] أو ما يسمى بالنسبة الحجمية للألياف في المادة المركبة [fiber volume fraction: V_f]

(Imia et al. 1998، Gopal. 2003، Cacciafesta. 2008، Meric & Ruyter. 2008).

3- طبيعة السطح البيني بين الليف والمادة الرابطة البوليميري [Matrix/fiber interface] (Gopal. 2003، Meric & Ruyter. 2007، Meric & Ruyter. 2008)، حيث يؤثر كل من نوعية العامل اللاصق بين الألياف وكميته لمادة الرابطة في فعالية والأسلاك وخصائصها، ووجد أن أفضل فعالية كانت لـ epoxy silane بتركيز 1.0%، أما الأسلاك غير المعالجة بأي نوع من العامل اللاصق كانت الأضعف (Gapol. 2003).

4- نوعية البلمرة أو درجة البلمـرة (Fallis & Kusy. 2000، Cacciafesta. 2007) مما يسمح باستخدامه من المرحلة الأولية إلى المرحلة النهائية للمعالجة (Imia et al. 1998).

قام Cacciafesta وزملاؤه بدراسة تأثير البلمرة بين ضوء الهالوجين اليدوي وبين فرن التصليب الضوئي المستخدم بالمرحلة بيتا للبلمرة النهائية، وجد ارتفاع للخواص الميكانيكية كلما زاد قطر السلك، حيث كانت القوة المستخدمة باختبار الانحناء أكبر مع ازدياد قطر السلك، ولكن لم يجد فرق ذو دلالة بين التصليب ضمن الفرن أو التصليب اليدوي باستخدام ضوء الهالوجين (Cacciafesta et al. 2007).

كما قارن Cacciafesta وزملاؤه أسلاك التجميلية بقطر 0.6-1.2 مم (0.023-0.047) أنش من شركة EverStick مع أسلاك الفولاذ غير القابل للصدأ بأبعاد (0.016، 0.018، 0.017*0.025، 0.019*0.026) أنش باستخدام اختبار الانحناء ثلاثي النقاط، وتبين أن أسلاك الكومبوزيت ذات القطر 1.2 مم تبدي مقدار حمولة أعلى من أسلاك الفولاذ غير القابل للصدأ بمختلف الأبعاد بينما كانت أسلاك الكومبوزيت ذات القطر 0.6 مم بمستويات القوة نفسها لسلك الفولاذ بأبعاد 0.017*0.025 أنش، وبالتالي ينصح باستخدام أسلاك الكمبوزيت في إرساء الأسنان (Cacciafesta et al. 2008).

قام Imai وزملاؤه بدراسة أسلاك تجميلية بقطر 0.5 مم (0.019) أنش بنسب حجمية مختلفة للألياف لمقطع السلك من 29-60% باستخدام اختبار الانحناء وتبين زيادة القوة المطبقة في

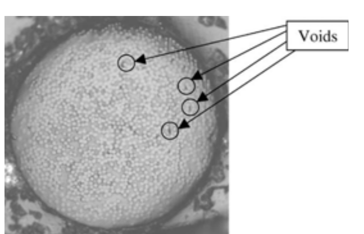
الانحناء كلما زاد النسبة الحجمية للألياف، كما أعطت الدراسة نتائج مشابهة لأسلاك النيتيول سواء عند الانحناء أو عند الارتداد (Imai et al. 1998).

4-3- عوامل التعرية والتآكل المؤثرة في سلك الكمبوزيت:

4-3-1- **التأثير الرطوبي**: تؤثر ظـروف البيئـة الفمويـة مـن رطوبـة أو حـرارة علـى نجـاح أسـلاك الكومبوزيـت، لأن خواصـها تعتمـد علـى منطقـة السـطح البينـي (matrix/fiber interface) بين الألياف والمـادة الرابطـة وعلـى نوعيـة المـادة الرابطـة (Imai et al. 1999 ،Tanaka et al. 2004 ،Libin et al. 2009).

حيث أن هذه المنطقة عرضة للهجوم الهيدروليكي hydrolytic attack الناتج عن الرطوبة (Jancar et al. 1993(I,II))، فقد تراجعت الخواص الميكانيكية لأسلاك الكومبوزيت في البيئة الرطبة عند غياب المادة اللاصقة (Gopal. 2003)، كما وجد تغير بوزن الكمبوزيت بسبب الامتصاص والانحلال (Morii. 1993)، حيث تعد ظاهرة معقدة، تتضمن زيادة بالوزن ناتج عن امتصاص الماء وخسارة بالوزن ناتج عن انحلال المادة الرابطة، وتقسم إلى ثلاث مراحل، الأولى: يحدث الامتصاص في المادة الرابطة البوليميرية بينما تنحل المادة الرابطة قليلاً عند الامتصاص في المرحلة الثانية، أما المرحلة الثالثة فيحدث امتصاص مع استمرار الانحلال لمنطقة السطح البيني (Morii. 1993). يسبب الماء تخرب للعامل اللاصق بين المادة الرابطة والألياف، إضافةً إلى تأثر البوليمير بخاصية الامتصاص، حيث يزداد وزنه حوالي 8.3 % بعد 7 أيام من الغمر بالماء (Lassila et al. 2002).

نظرياً يخفف التشريب (Impregnated) الجيد للألياف الزجاجية بالمـادة الرابطـة البوليميريـة امتصاص الماء مقارنةً مع التشريب الضعيف لأن التشريب الضعيف ينتج فراغات (voids) في بنية البوليمير المقوى بالألياف مما يسبب زيادة بامتصاص الماء، بينما تنقص الألياف كمية الماء الممتصة لذلك يعد من المفيد اختيار نوعية جيدة من البوليمير وزيادة النسبة الحجمية للألياف في مقطع السلك (Lassila et al. 2002)، الشكل 16.



الشكل 16 يوضح تواجد فراغات داخل مقطع السلك ناتج عن عدم التشريب الجيد للألياف بالكومبوزيت (Lassila et al. 2002) .

وجد Imia وزملاؤه تراجع الصفات الميكانيكية وخاصة معامل المرونة والمقاومة بعد غمر أسلاك الكومبوزيت بقطر 0.5 مم و المكون من مادة رابطة بوليميرية PMMA مع عدة نسب حجمية للألياف في مقطع السلك (V_f: fiber volume fraction) من 29 % إلى 60.4 % ومعالج بعامل لاصق، بالماء بدرجة حرارة ˚37 درجة مئوية وخاصة بعد عشرة أيام من الغمر، كما انخفضت قيم الخواص الميكانيكية مع زيادة النسبة الحجمية للألياف في مقطع السلك وتبين تأثر قطر السلك بشكل طفيف نتيجة الفعل الهيدروليكي (Imia et al. 1999).

ووجد Tanaka وزملاؤه انخفاض الخواص الميكانيكية لأسلاك الكومبوزيت المؤلفة من مادة رابطة بوليميرية Bis-EMA وألياف زجاجية بعد ست ساعات من التواجد بالبيئة الرطبة بسبب امتصاصها للماء (Tanaka et al. 2004).

وتبين لـ Gopal انخفاض الخواص الميكانيكية بنسبة 37% بعد الغمر بالماء للأسلاك الكومبوزيت غير المعالجة بعامل لاصق silane-coupling agent بين المادة الرابطة والألياف بالمقارنة مع الأسلاك المعالجة بعامل لاصق ومهما اختلف نوعية البوليمير، وقد فشلت بعد تشوه 1.2 مم (Gopal. 2003).

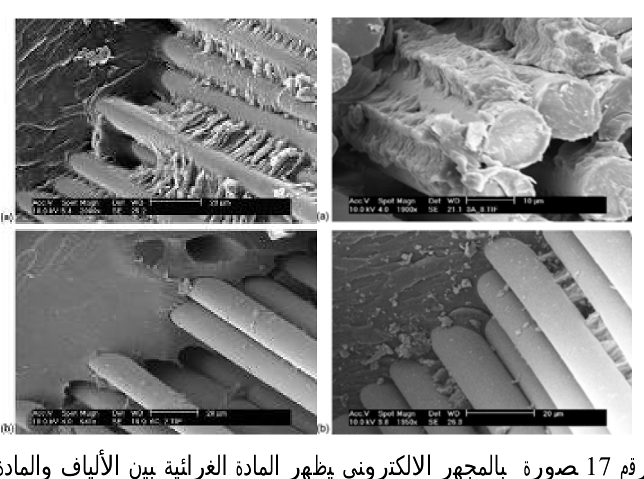
كما برهنت Hammad وزملاؤها على نقصان الخواص الميكانيكية لأسلاك الكومبوزيت بقطر 0.016 انش، والمؤلفة من مزيج بوليميري Bis-EMA، TEGDMA والألياف الزجاجية بعد غمرها بالماء المقطر ومحاليل الفلور بدرجة حرارة ˚37 درجة مئوية، بالإضافة إلى تخرب سطح السلك عند الغمر بمحاليل الفلور، مما يمنع استعمال المحاليل المفلورة أثناء المعالجة التقويمية (Hammad et al. 2011).

2-3-4- **التأثير الحراري**: يعد التغير الحراري الناتج عن الأطعمة والمشروبات بالوسط الفموي تأثيراً بتناقص الخواص الميكانيكية لأسلاك البوليمير المقوى بالألياف الزجاجية، حيث يزداد امتصاص الماء كلما ارتفعت الحرارة بالإضافة إلى ازدياد ليونة (Softening) البوليمير لذلك ينصح بان تكون الناقلية الحرارية للمادة الرابطة البوليميرية اخفض من الناقلية الحرارية للألياف من اجل إبقاء البوليمير اصلب (Meric & Ruyter. 2007). بالتالي عند الاستخدام السريري يتم اختيار درجة حرارة تلين البوليمير اخفض من درجة تلين الألياف الزجاجية. (Imia et al. 1999).

تسبب التغيرات الحرارية الفموية اجهادات كبيرة بين السطوح البينية لكل من المادة

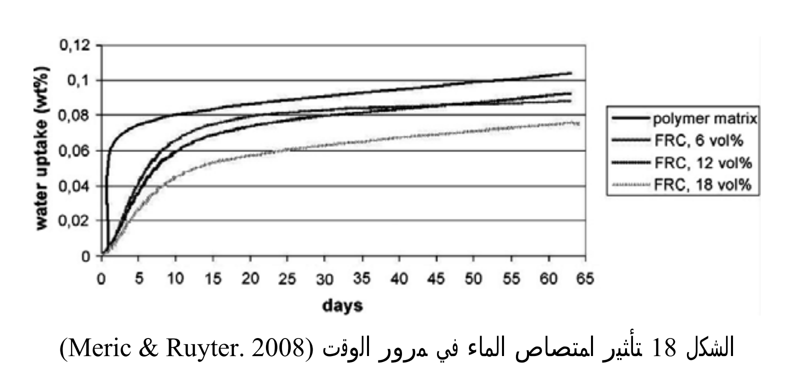
الرابطة والألياف مما يؤدي إلـى تعـب وتحطـم المـادة أثنـاء الاسـتعمال السـريري مـع مرور الوقـت (Meric & Ruyter. 2008)، لـذلك تـزداد مقاومـة التغيـر الحـراري مـع ازديـاد النسـبة الحجميـة للأليـاف الأليـاف فـي مقطـع السـلك (Libin et al. 2009)، بالإضافة إلى المعالجة الجيدة لسـطح الأليـاف مـع المـادة الرابطـة بنوعيـة وكميـة مـن العامل اللاصق (Meric & Ruyter. 2007).

فقد تبين تراجع الخواص الميكانيكية لأسلاك FRP عند تغير الحرارة من 24° إلى 50° بوسط رطب وبشكل أكثر عند انخفاض النسبة الحجمية للألياف في مقطع السلك (Imia et al. 1999). دل Meric وزميله على تأثير التغير الحراري لأنواع المادة الغرائية بين الألياف والمادة الرابطة في الخواص الميكانيكية (Meric & Ruyter. 2007)، الشكل 17.



الشكل رقم 17 صورة بالمجهر الالكتروني يظهر المادة الغرائية بين الألياف والمادة الرابطة (Meric & Ruyter. 2007)

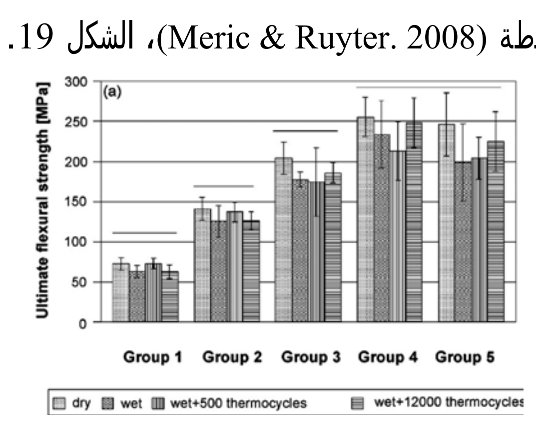
قام Meric وزميله بدراسة تأثير الماء والتغير الحراري للبوليمير المقوى بالألياف الزجاجية، وتبين ازدياد امتصاص الماء مع تناقص المحتوى من الألياف (Meric & Ruyter. 2008)، الشكل 18.



الشكل 18 تأثير امتصاص الماء في مرور الوقت (Meric & Ruyter. 2008)

كما تحسنت الخواص الميكانيكية مع زيادة محتوى الألياف، بينما لم يتأثر البوليمير بشكل نوعي بالماء أو التغير الحراري مستنداً إلى طريقة معالجة سطح الألياف، إذ ظهر بشكل نوعي فرق

بالخواص الميكانيكية كلما ازدادت طبقات العامل اللاصق ودون تأثير لعامل الماء أو التغير الحراري، بالتالي ينصح بالاستخدام طويل الأمد لهذه المادة ضمن الحفرة الفموية مع ضرورة المعالجة الجيدة للمادة الرابطة (Meric & Ruyter. 2008)، الشكل 19.



الشكل 19 تأثير استخدام العامل اللاصق مع الدورات الحرارية في المتانة المرنة (Meric & Ruyter. 2008)

بينت الأبحاث التي أجريت على أن الأسلاك البوليمير المقوى بألياف الفيبر الزجاجي تحقق المظهر الجمالي الخارجي، كما تعد متقبلة حيوياً، وذلك بعدم وجود أي ردود التهابية عند تجربته على الحيوانات لاحتوائها على مركبات من العظم والأسنان.

.(Kobayashi et al. 1984 & Morishita et al. 1987. In: Watari et al. 1998)

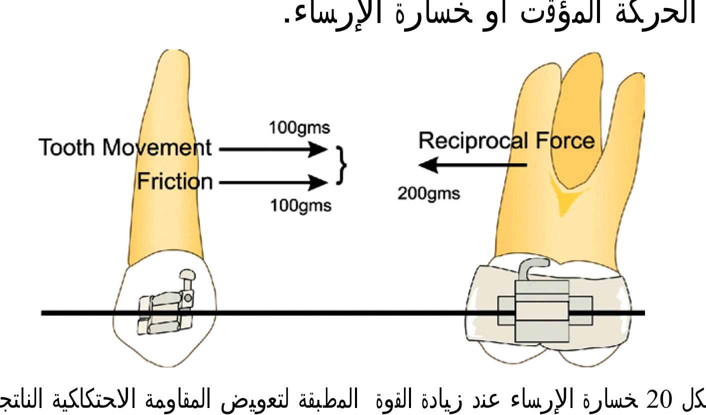
5- المقاومة الاحتكاكية:

ينتج التماس بين الأسلاك وشقوق الحاصرات اثناء الحركة السنية التقويمية إعاقة للحركة السنية وضياع جزء من القوة المطبقة مقللة من فعالية الجهاز التقويمي، وبالتالي ازدياد زمن المعالجة (Kusy & Whitley. 1999a)، نتيجة نقصان مقدار القوة المتبقية اللازمة لتحقيق الاستجابة البيولوجية المثالية لحركة الأسنان، تتراوح قيمة القوة الضائعة بفعل الاحتكاك من 12- 60% من قيمة القوة المطبقة (Hain et al. 2000).

مما يدفع الطبيب المقوم إلى زيادة القوة المطبقة على الأسنان المراد تحريكها لتعويض النقص، وهو بدوره يسبب زيادة القوة على الأسنان الداعمة مما يؤدي إلى انسلالها مسببةً خسارة الإرساء (Southard & Marshall. 2007)، الشكل 20.

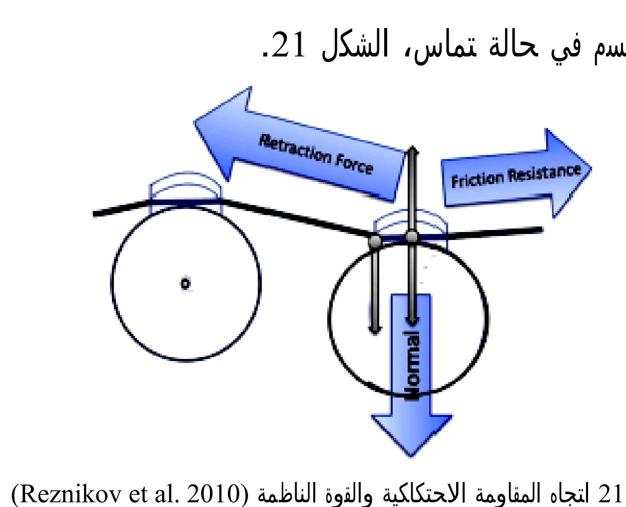
كما تسبب زيادة القوة إلى إغلاق الأوعية الدموية، وإحداث نقص تروية بالمنطقة تتشكل على آثرها منطقة استحالة زجاجية توقف الحركة التقويمية لفترة من الزمن، لذلك يعد التوازن ما بين مقدار القوة المطبقة والاستجابة النسيجية المثالية للحركة السنية ضرورياً (Roberts. 2005)،

وبالتالي يجب معرفة مقدار الاحتكاك الناتج ومقدار القوة المتبقية اللازمة للحركة دون الوصول إلى مرحلة إيقاف الحركة المؤقت أو خسارة الإرساء.



الشكل 20 خسارة الإرساء عند زيادة القوة المطبقة لتعويض المقاومة الاحتكاكية الناتجة عن احتكاك السلك والحاصرة (Southard & Marshall. 2007)

يعرف **الاحتكاك** على أنه القوة التي تعيق أو تقاوم الحركة النسبية لجسمين في حالة تماس وتكون معاكسة لاتجاه الحركة في مستوى الحركة نفسها؛ وتتناسب معها مركبة أخرى هي المركبة العمودية على قوى الاحتكاك وتسمى القوة الناظمة Normal force وتعادل وزن الجسم او قوة مطبقة عمودياً لإبقاء الجسم في حالة تماس، الشكل 21.

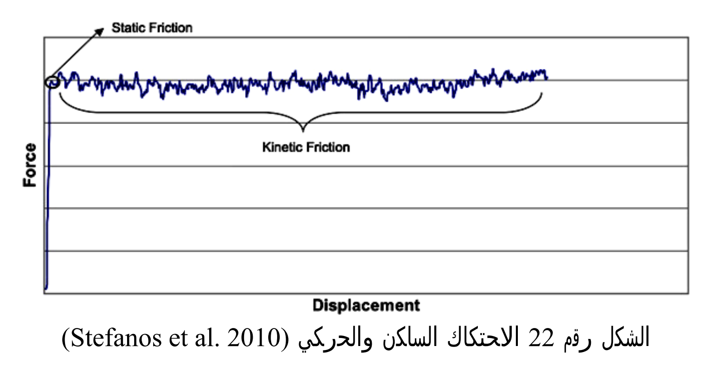


الشكل 21 اتجاه المقاومة الاحتكاكية والقوة الناظمة (Reznikov et al. 2010)

نظمت العلاقة بين القوتين باستخدام العلاقة: $F_F/F_N = \mu$

حيث F_F القوة الاحتكاكية، F_N القوة الناظمة، μ معامل الاحتكاك. حيث يعد معامل الاحتكاك ثابت، له علاقة بالصفات السطحية للمادة المتحركة وبثقل الكتلة المتحركة (القوة الناظمة)، وهو ما يمثل **القانون الأول** للاحتكاك حيث تتناسب قوى الاحتكاك مع القوة الناظمة.

نميز نمطين للاحتكاك: **احتكاك ساكن** Static friction وهو أصغر قوة لحركة السطوح الصلبة sold الساكنة نسبياً لبعضها البعض، **واحتكاك حركي** kinetic friction وهو القوة المقاومة لحركة انزلاق جسم صلب عندما يتحرك فوق آخر بسرعة ثابتة، الشكل رقم 22، (Rossouw. 2003a,b).



الشكل رقم 22 الاحتكاك الساكن والحركي (Stefanos et al. 2010)

5-1- مكونات الاحتكاك: قسم Kusy & whitley الاحتكاك الحاصل لحركة الأسنان إلى ثلاث مكونات منفصلة (Kusy & whitley. 1999b):

المكون الأول هو **الاحتكاك التقليدي** classical friction (FR) الذي يحدث بين السلك وسطح الحاصرة، والذي يقسم إلى احتكاك ساكن وحركي، المكون الثاني هو **الانحناء** binding (BI) وهو يحدث عند إمالة الأسنان أو عند حني السلك في مرحلة المرونة حيث يمس السلك زوايا الحاصرة، أما المكون الثالث فهو **التثليم** notching (NO) وهو التشوه الدائم للسلك عند السطح البيني بين الحاصرة والسلك، تتوقف حركة الأسنان حتى يتحرر التثليم، بالإضافة إلى الحالة الحدية boundary state وهي **زاوية التماس الحرجة** (θ_c) (critical contact angle)، التي تفصل بين الاحتكاك التقليدي classical friction والانحناء binding (BI) وتعرف على أنها أكبر زاوية يستطيع السلك تشكيلها مع شق الحاصرة دون تعرضه للانحناء. يمكن تحديد الزاوية رياضياً لكل ثنائية سلك وحاصرة بمعرفة قطر السلك الذي يمس السطح السفلي للشق Size، أبعاد السطح السفلي للشق Slot، عرض الحاصرة الإنسي الوحشي Width وتطبيق المعادلة (Kusy & Whitley. 1999a):

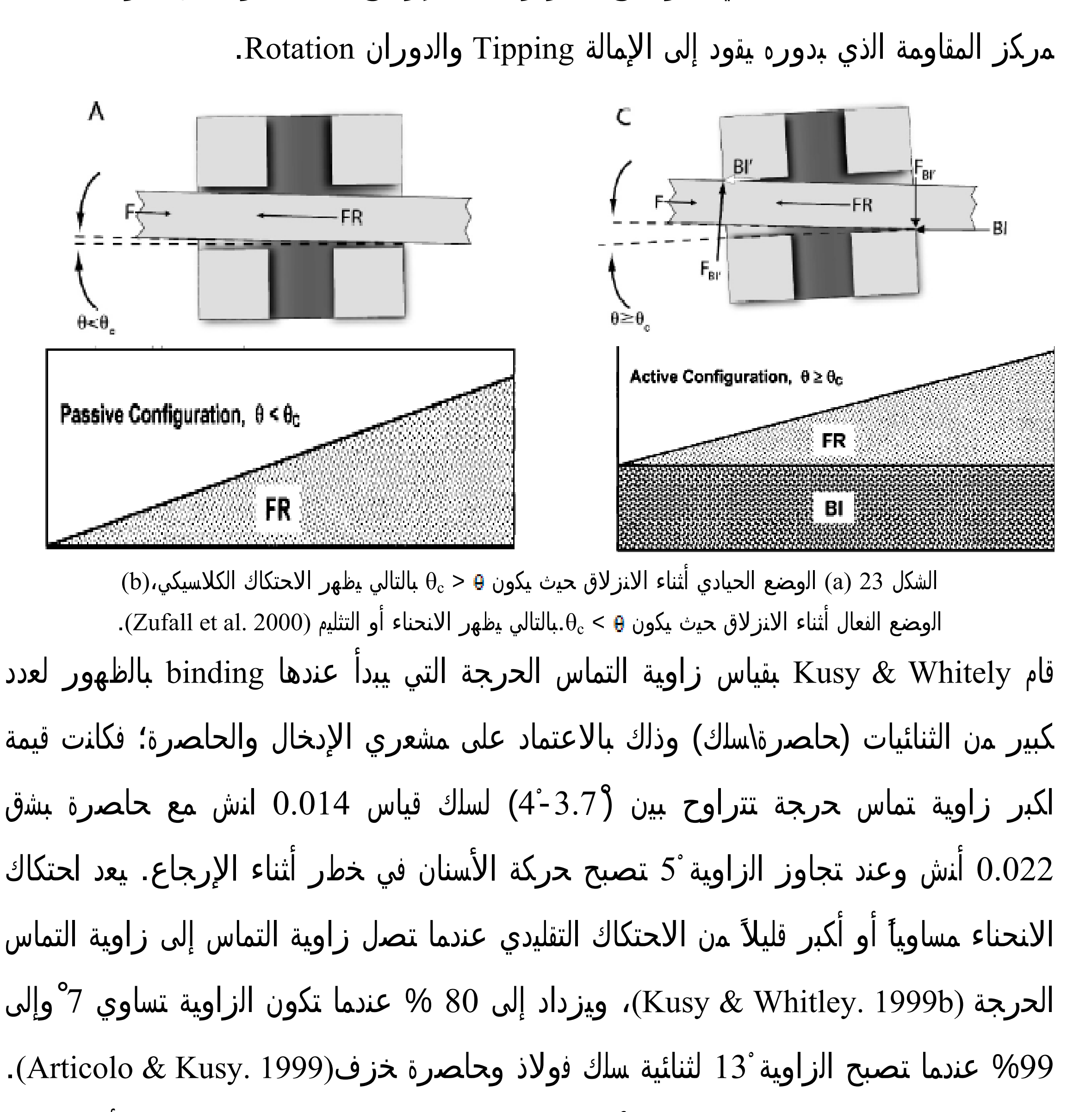
زاوية التماس الحرجة= 57.32 [slot\size -1] \ (slot \ width)

حيث يمثل مشعر الإدخال= slot \ size ومشعر الحاصرة= Slot \ width

تُعد هذه الزاوية مهمة أثناء حركة الانزلاق لأنها الحد بين الاحتكاك الكلاسيكي والانحناء، **فالوضع الحيادي** passive configuration هو الوضع الذي تكون فيه زاوية التماس Contact angle (θ) بين السلك وشق الحاصرة أقل من زاوية التماس الحرجة (θ_c). (critical contact angle)، عندها فقط يتحكم الاحتكاك التقليدي بميكانيك الانزلاق بسبب عدم تواجد الانحناء أو التثليم. وعندما تزداد الزاوية الحرجة يصبح الاحتكاك التقليدي أقل بسبب تزايد الانحناء أو التثليم. **فالوضع الفعال** active configuration هو الوضع الذي تكون فيه زاوية التماس

Contact angle (θ) بين السلك وشق الحاصرة أكبر من زاوية التماس الحرجة (θ_c). (critical contact angle) عندئذ تساوي مقاومة حركة الأسنان مجموع الاحتكاك التقليدي والانحناء والتثليم، الشكل 23.

سريرياً كنتيجة تحدث ظاهرة التوقف stick phenomenon عند الوصول إلى الانحناء أو التثليم، حيث يعمل السلك من خلال نابضيته وصلابته على التحرر من الوضع الحدي بين حافة الحاصرة والسلك بظاهرة الانزلاق slip phenomenon، وبالتالي تحدث ظاهرة توقف- انزلاق stick-slip phenomenon في الأوضاع السريرية أثناء إرجاع الأسنان وتطبيق القوة بعيداً عن مركز المقاومة الذي بدوره يقود إلى الإمالة Tipping والدوران Rotation.



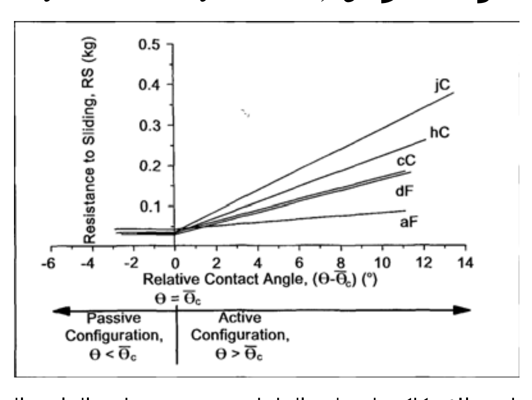
الشكل 23 (a) الوضع الحيادي أثناء الانزلاق حيث يكون θ < θ_c بالتالي يظهر الاحتكاك الكلاسيكي،(b) الوضع الفعال أثناء الانزلاق حيث يكون θ > θ_c.بالتالي يظهر الانحناء أو التثليم (Zufall et al. 2000).

قام Kusy & Whitely بقياس زاوية التماس الحرجة التي يبدأ عندها binding بالظهور لعدد كبير من الثنائيات (حاصرة\سلك) وذلك بالاعتماد على مشعري الإدخال والحاصرة؛ فكانت قيمة اكبر زاوية تماس حرجة تتراوح بين (3.7°-4°) لسلك قياس 0.014 انش مع حاصرة بشق 0.022 أنش وعند تجاوز الزاوية 5° تصبح حركة الأسنان في خطر أثناء الإرجاع. يعد احتكاك الانحناء مساوياً أو أكبر قليلاً من الاحتكاك التقليدي عندما تصل زاوية التماس إلى زاوية التماس الحرجة (Kusy & Whitley. 1999b)، ويزداد إلى 80 % عندما تكون الزاوية تساوي 7° وإلى 99% عندما تصبح الزاوية 13° لثنائية سلك فولاذ وحاصرة خزف(Articolo & Kusy. 1999).

تقترب قيم الاحتكاك لمختلف خلائط الأسلاك من بعضها عندما تكون زاوية التماس أصغر من زاوية التماس الحرجة، وعند التجاوز فان المقاومة الاحتكاكية تختلف حسب الصفات الميكانيكية

لكل مادة، لهذا ينبغي على الممارس تحريك الأسنان في الأوضاع الحيادية فقط حيث يسيطر الاحتكاك الكلاسيكي على مقاومة الانزلاق (Kusy & Whitley. 1999b)، الشكل 24.





الشكل24 تقارب المقاومة الاحتكاكية لمختلف الثنائيات عند عدم تجاوز الزاوية الحرجة وبدء اختلاف المقاومة الاحتكاكية حسب القساوة عند تجاوز الزاوية الحرجة (Kusy & Whitley. 1999b)

تُحدث المقاومة الاحتكاكية بثلاث آليات (Kusy & Whitley. 1999) :

- قص (SH_{FR}) النتوءات asperities السطحية.
- التشابك interlocking بين السطحين الخشنين (IN_{FR}).
- حت (plow) او جرف (PL_{FR}) احد السطوح للآخر.

يهمل (IN_{FR}) و (PL_{FR}) عند استعمال السك المعدني مع الحاصرة المعدنية بسبب الإنهاء الجيد للسطح (Zufall & Kusy. 2000). فاذا كان احد السطوح أقسى (harder) بشكل كبير من الآخر، سيسيطر الحت (PL_{FR}) على المقاومة الاحتكاكية للسطح القاسي مسبباً حت المادة الأقل قساوة وسحلها، حيث يعتبر المعادن والسيراميك اقسى من البوليمير (Zufall & Kusy. 2000).

2-5- التجارب الاحتكاكية:

إن اغلب الدراسات الاحتكاكية هي دراسات مخبرية بسبب سهولة التصميم، ولكن يؤخذ عليها: أولاً: تتم معظم الدراسات بالوضع الحيادي، حيث يتم إلغاء المكوني الانحناء والتثليم، وبالتالي تدرس فقط الاحتكاك الصرف pure friction، وذلك بسحب السلك من خلال الحاصرة أو سحب الحاصرة على طول السلك دون زاوية بين السلك والحاصرة، تقيس هذه الطريقة فقط الاحتكاك بين السلك والحاصرة ونوعية الربط سواء تقليدي أو ذاتي، وتفيد في تحديد كمية الاحتكاك الناتج حسب نوعية الربط أو مادة السلك أو الحاصرة بدون متغيرات أخرى. من سيئاتها ابتعادها عن الواقع السريري وخاصة تزوي الحاصرات سواء بالأسنان المنزلقة أو الداعمة (Kamelchuk & Rossouw. 2003).

ثانيا: غياب التشويش الذي ينتج عن عدة وظائف فموية كالكلام والمضغ والبلع أو تماس النسج المخاطية وجزيئات الطعام لأجهزة التقويم، والذي يحدث حركات عشوائية صغيرة جداً ضمن الجهاز التقويمي مما يسبب انتقال السلك ضمن شق الحاصرة مما هو عليه في الدراسة المخبرية الحيادية (Mantel. 2011 ،Kamelchuk & Rossouw. 2003).

5-3- العوامل الرئيسية المؤثرة على الاحتكاك:

1) خصائص المواد المتماسة مع بعضها البعض وتشمل الحاصرة والأسلاك.

2) وزن الكتلة المتحركة بالنسبة للسطح أو الربط.

3) الوسيط المزلق.

4) عوامل فيزيائية مؤثرة

5-3-1- خصائص المواد المتماسة

يعرف الاحتكاك على أنه القوة التي تعيق أو تقاوم الحركة النسبية لجسمين في حالة تماس، تتأثر هذه المقاومة الاحتكاكية بتقويم الأسنان بنوع الحاصرة ونوع السلك:

5-3-1-1- نوعية الحاصرة bracket type:

لازالت الحاصرات المعدنية من الفولاذ غير قابل للصدأ الأكثر استعمالاً في تقويم الأسنان، ويعزى السبب لانخفاض كلفتها ومتانتها وصلابتها العالية ضد قوى المضغ والقوى التقويمية المطبقة عليها و تقبلها الحيوي الجيد (Nanda et al. 1997).

تعد حاصرات الفولاذ ذات مقاومة احتكاكية منخفضة سواء بالوضع الحيادي passive configuration أو الفعال active configuration لنعومة سطحها وملاسته مقارنةً مع حاصرات الخزف بشكل عام، اذ تنخفض المقاومة الاحتكاكية بين 40-45% لصالح الحاصرات الفولاذية (Smith et al. 2003). لكن في الوضع الفعال تزداد المقاومة الاحتكاكية لحاصرات الفولاذ غير القابل للصدأ مقارنةً مع الوضع الحيادي لتأثرها بالخواص الفيزيائية والميكانيكية للسلك وبعض المتغيرات الأخرى (Smith et al. 2003).

تبين باستخدام المجهر SEM الالكتروني الماسح للحاصرات المعدنية وجود الكروم والأوكسجين في طبقتها السطحية، لذلك يمكن للبنية الكيميائية للسطح أن تنقص الاحتكاك بالإضافة إلى إمكانية تحسين سطح الحاصرة بالزرع الأيوني للطبقة السطحية التي تمنع آلية الميل للحت الموجودة في سطح الخزف الخشن.

أُدخلت الحاصرات الخزفية لتحسين الجمالية خلال المعالجة التقويمية وتقسم إلى نوعين:الأولى ذات بنية بلورية متعددة تحت اسم Poly Crystalline Alumina، والثانية وحيدة البنية البلورية تحت اسم Single Crystalline Alumina او Mono Crystalline Alumina، الشكل 25.



.**a**: Single crystal alumina, **b**: polycrystalline alumina

الشكل 25 المظهر العياني لنوعي الحاصرات التجميلية (Uga et al. 2000)

أظهرت البنية المجهرية لبلورات الكريستالين وجود عدة مسام pore مقارنةً مع عدد قليل غير منتظم لحاصرات الفولاذ، وبالتالي يعزى زيادة الاحتكاك في حاصرات الخزف إلى خشونة سطحه. لا يشمل تأثير الخشونة درجة خشونة السطح فقط بل أيضاً هندسة المعالم الخشنة على السطح المدروس واتجاهها والقساوة النسبية للسطوح المتماسة (Uga et al. 2000).

دلت صور المجهر إلى أن حاصرات الكريستال Single crystalline أنعم من الخزف Poly Crystalline ولا فرق يذكر بينهما بالمقاومة الاحتكاكية اذا استخدم السلك نفسه مما يجعل مادة السلك هي التي تحدد المقاومة الاحتكاكية بين السلك والحاصرة (Mendes et al. 2003)، الشكل 26.



الشكل 26 خشونة سطح الحاصرات تحت المجهر اللالكتروني. من اليسار إلى اليمين

حاصرة فولاذ اللاصدا ثم خزف ثم كريستال (Mendes et al. 2003)

وجد Doshi وزملاؤه ارتباط ايجابي بين خشونة شق الحاصرة والمقاومة الاحتكاكية، بينما لم يجد ارتباط بين خشونة السلك والمقاومة الاحتكاكية (Doshi et al. 2011).

يعزى السبب الرئيس لتزايد الاحتكاك مع حاصرات الخزف حسب بعض الباحثين إلى الاختلاف في قساوة السطح بين مادة الخزف من جهة وبين الفولاذ و TMA و Niti من جهة أخرى، بالإضافة إلى الالتصاق والتجاذب الناجم عن الروابط الكيميائية بين السطوح المتماسة أثناء

الانزلاق (Reicheneder et al. 2007)؛ فقد بين Kusy وزملاؤه أن الزيادة الاحتكاكية المرافقة لحاصرات الخزف تعود إلى كيميائية سطح الخزف وليس لخشونته، حيث يسبب احتكاك السلك المعدني الحاوي على أكسيد التصاق adherent مع سطح الالومينا بسبب التفاعلات مع ايونات الأوكسجين الموجودة في شبكة الألومينا، وتظهر الزيادة سواء بالوسط الجاف أو الرطب، لذلك اقترح تغطية الشق بمادة مزلقة مثل السليكا لإنقاص الاحتكاك (Kusy et al. 2000). بالمقابل أظهرت حاصرات الخزف المصنعة بطريقة الحقن (injection molded) سطح أنعم مما أنتج احتكاك أقل بالمقارنة مع بقية الحاصرات الخزفية، كما يمكن تخفيف الاحتكاك للحاصرات الخزفية باستخدام شق معدني او ذهبي، بدراسة المجهر الالكتروني وجد برادة من الأسلاك في زوايا الشق غير المدورة عزى السبب لخشونة سطح الخزف التي تُحدث خدوش وأثلام على الأسلاك التقويمية أثناء الانزلاق ويمكن إنقاص الاحتكاك بمقدار 38% لحاصرات الخزف في حال الإنهاء الميكانيكي للشق عن طريق تدوير زوايا الشق.

من جهة أخرى لا توجد اختلافات في القوى الاحتكاكية بين الحاصرات الخزفية وحاصرات الفولاذ؛ فقد وجد Dowling أن الحاصرات الخزفية poly crystalline alumina تحدث احتكاكاً مماثلاً لحاصرات الفولاذ لدى استخدام أسلاك الفولاذ أو النيكل تيتانيوم، وبالتالي لا مانع من استخدام حاصرات الخزف بتقنية الانزلاق (Dowling et al. 1998).

اظهر بعض الباحثين أن لا اختلاف جوهري بالمقاومة الاحتكاكية بين الحاصرات الخزفية بنوعيها أو الحاصرات الفولاذية مع الأقطار الصغيرة المستديرة من الأسلاك مهما كان نوع السلك، يظهر الفرق عند استعمال الأقطار الأكبر أو عند الانتقال إلى الأسلاك المضلعة، بالتالي يتعلق الاحتكاك بنوعية مقطع السلك المستخدم بالإضافة إلى نوعية المطاط وثخانته (Kapila et al. 1990، Tecco et al. 2009).

وجد Saunders and kusy ان حاصرات Single crystalline ذات سطح أنعم من حاصرات polycrystalline وبرأيه أن الصفات الاحتكاكية متشابهه إذا كان السلك نفسه، مما يجعل مادة السلك هي التي تحدد المقاومة الاحتكاكية بين السلك والحاصرة أكثر من مادة الحاصرة (Saunders & Kusy. 1994).

لم تحدد حتى الآن طبيعة العلاقة بين خشونة سطح كل من الحاصرات والأسلاك مع المقاومة الاحتكاكية، لكن بشكلٍ عام يميل الاحتكاك للزيادة مع السطوح الخشنة جداً والناعمة جداً؛ حيث

تسبب السطوح الخشنة جداً احتكاكاً أكبر بسبب زيادة التماس، بينما تحدث السطوح الناعمة جداً مناطق تماس والتصاق أكبر نسبياً و تزداد أكثر مع الانزلاق (Uga et al. 2000).

هناك أنواع أخرى من الحاصرات كحاصرات التيتانيوم والكمبوزيت والزيركون*

من العوامل الأخرى المؤثرة في الحاصرة (Kusy & Whitly. 2000) :

1) -تأثير الشق وعرض الحاصرة:

يعد مقاس الشق (slot size) 0.018 & 0.022 أنش وعرض الحاصرات width bracket عاملان في تحديد زاوية التماس الحرجة والتي تعد حالة حدية بين الوضعية الحيادية والفعالة حيث وجد أن القيم الاحتكاكية متقاربة مع بعضها عند القياس بالوضعية الحيادية وتبدأ بالفروق الجوهرية بين الحاصرات بالوضعية الفعالة.

بين Kusy & Whitley أن الحاصرات الأضيق تعطي زاوية تماس حرجة أكبر من الحاصرات الأعرض تصل حتى عشرين درجة، بالتالي تسمح بمجال أكبر للحركة ضمن الوضع الحيادي المثالي لإجراء حركة الانزلاق؛ بينما لم يجدوا فرق نوعي بالمقاومة الاحتكاكية بين قياسي شق الحاصرة (0.018 و 0.022) أنش لحاصرات الخزف أو الفولاذ غير قابل للصدأ عند الانزلاق مع أحد الخلائط التقويمية الأربعة المختبرة، إنما ظهر الفرق بين الوضع الجاف والرطب (Kusy & Whitley. 1999b). كذلك أكد Kapila أن الحاصرات العريضة والمتوسطة العرض بشق 0.018 انش ذات احتكاك أكبر من الحاصرات الضيقة العرض بينما لم يكن لحاصرات 0.022 أنش لها أي تأثير بهذه الدراسة (Kapila et al. 1990).

اما Tidy فبين ان لا تأثير نوعي بين قياسي شقّي الحاصرات في المقاومة الاحتكاكية بالوضعية الحيادية، إنما التأثير بسبب تأثير القوة الناظمة في مقاس السلك والذي لا يتأثر بحجم شق الحاصرة، إنما بنوعية مادة الحاصرة Tidy 1989؛ أيده Ogata بعدم وجود فرق بين حاصرات 0.018 & 0.022 أنش، إنما الفرق بزيادة عرض الحاصرة حيث يسبب تمطط Stretched حلقات الربط المطاطي، بالتالي يؤدي إلى زيادة القوة الناظمة المطبقة على حاصرات 0.022 أنش (Ogata et al. 1994). كذلك بينت دراسة لنا على عدم وجود فرق بين شق 0.018 أنش

---

* للمزيد من المعلومات عن هذه الحاصرات يمكن الاطلاع على رسالة الدكتوراه تحت عنوان "دراسة قوى الاحتكاك لبعض الحاصرات التقويمية وأثر اهتراء سطوحها في البيئة الفموية على تلك القوى" عام 2010، للباحثة الدكتورة كندة سلطان بإشراف الأستاذ محمد ناصر صوان والمشرف المشارك محمد ياسر الأيوبي.

و0.022 أنش لسلك 0.018 أنش عند استخدام حاصرة خزفية او كريستال مع سلك نيكل تيتانيوم أو كمبوزيت (بابا وصوان وسليمان. 2012).

بالمقابل وجد Angolkar زيادة بالاحتكاك بين الأسلاك المستديرة وحاصرات الخزف ذات الشق 0.018 أنش بالمقارنة مع الشق 0.022 أنش ويتناقص الفرق بين قياسي الشق كلما زادت الصلابة، حيث وجد أن الفرق أكبر بين قياس الشقين لأسلاك النيكل تيتانيوم واقل مع أسلاك الفولاذ (Angolkar et al. 1990).

2) -تأثير المسافة بين الحاصرات IBD:

كلما زادت المسافة بين الحاصرات زاد طول السلك، وبالتالي تزداد مرونته (نقص الصلابة) لان الأسلاك الأقل صلابة تتجاوب مع زاوية التماس الحرجة أكثر من الأسلاك الصلبة بالوضعية الفعالة، فمضاعفة طول السلك يسبب انخفاض قوة انحناء السلك إلى النصف وزيادة مرونته إلى 8 مرات (Brantley. 2001, Nanda & Ghosh. 1997). إن نقصان المسافة بين الحاصرات باستخدام حاصرات عريضة تسبب نقص مرونة السلك الواصل بينهما مما يسبب زيادة باحتكاك الانحناء (kusy et al. 2000). درس Kusy & Whitley تأثير المسافة بين الحاصرات (IBD) (18، 14، 12، 10، 8) مم على المقاومة الاحتكاكية، فوجد ارتفاع المقاومة الاحتكاكية كلما نقصت المسافة بين الحاصرات، كما تتناسب طرداً مع زيادة صلابة السلك (kusy et al. 2000).

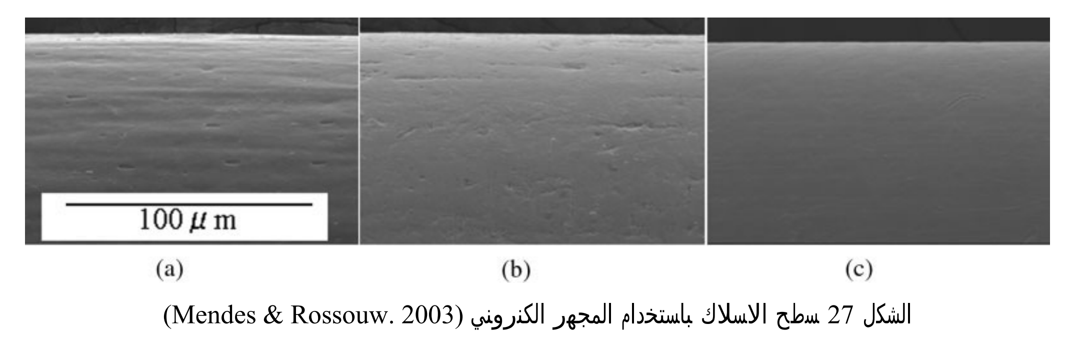
كما وجد Angolkar زيادة بالمقاومة الاحتكاكية لأسلاك المضلعة ذات الصلابة العالية بين قياس الشقين ولا يوجد فرق بالمقاومة الاحتكاكية لأسلاك ذات الصلابة المنخفضة بالرغم من وجود نفس مقدار الخلوص بين الأسلاك المستديرة والمضلعة وشق الحاصرة (Angolkar et al. 1990).

3) -تصميم الحاصرة:

يمكن لتصميم الحاصرة التقليل من الاحتكاك فوجود تحدب في ارض وجدران الشق يسبب نقصان سطح التماس مع الأسلاك، بالتالي انخفاض المقاومة الاحتكاكية بالإضافة إلى حاصرت *TIP edge* فالشق مقطوع بزاوية 20 درجة من زاويتين متعاكستين من الشق لتقليل الاحتكاك (Nanda & Ghosh. 1997). بالمقابل وجود حاصرات ذاتية الربط خاصةً الحيادية منها، حيث تمنع حشر السلك وخاصة الأقطار الصغيرة داخل الشق مما يقلل الاحتكاك الناتج عن الانزلاق (Nanda & Ghosh. 1997).

2-1-3-5-*نوعية السلك wire type:*

تولد الأسلاك ضمن الحاصرات قوة ميكانيكية لتحريك الأسنان ضمن الاستجابة الحيوية للنسج المحيطة بها. حالياً هناك أربع خلائط رئيسة تستخدم بتقويم الأسنان الفولاذ غير قابل للصدأ، الكروم كوبالت، النيكل تيتانيوم، البيتا- تيتانيوم موليبدنيوم -TMA- (Brantley. 2001). أظهرت التجارب المجراة بالوضعية الحيادية عن طريق سحب السلك عبر الحاصرات، أن المقاومة الاحتكاكية تزداد على الترتيب من الفولاذ غير قابل للصدأ إلى الكروم كوبالت إلى نيكل تيتانيوم ثم بيتا تيتانيوم (Mendes & Rossouw. 2003)، الشكل 27.



الشكل 27 سطح الاسلاك باستخدام المجهر الكتروني (Mendes & Rossouw. 2003)

ربط البعض زيادة المقاومة الاحتكاكية بالخشونة مما يخلق احتكاك أعلى ولكن رفض البعض الأخر هذا الطرح (Garner et al. 1989 In: Smith et al. 2003)، وبين أن لخشونة السطح ليس له ارتباط بالمقاومة الاحتكاكية (Doshi et al. 2011)، فكيمياء السطح أو التجاذب الكيميائي يلعب دوراً فعالاً في إجمالي المقاومة الاحتكاكية بالإضافة إلى سرعة الانزلاق واللعاب؛ حيث وجد زيادة خواص خشونة السطح لخلائط الأقواس بدأً من الفولاذ ثم الكروم كوبالت والبيتا تيتانيوم والنيكل تيتانيوم (Rossouw et al. 2003a).

مثلا: يعد سطح البيتا تيتانيوم أنعم من النيكل تيتانيوم، ولكن يمتلك أعلى معامل احتكاك بسبب ظاهرة خاصية الالتحام البارد "Cold welding" phenomena* بين أسلاك البيتا تيتانيوم وحاصرات الفولاذ الذي يقود حركة انزلاق – توقف بين الحاصرة والسلك.

من جهة أخرى ربطت المقاومة الاحتكاكية بالصلابة، تعد الصلابة عامل أكثر تحكما بالمقاومة الاحتكاكية من خشونة السطح. ففي الوضعية الحيادية، تظهر فعالية الانزلاق أكبر لثنائية سلك حاصرة بينما بالوضعية الفعالة تسيطر صلابة السلك نسبياً أكثر من ليونة الحاصرة (Articolo et al. 2000)، وبالتالي تتغير قيمة الاحتكاك للفولاذ والنيكل

* مصطلح يعبر عن حدوث التحام بين 35- 90 بالمائة من نتواءات بين السطحين بسبب عدم تشوه او قص تلك النتوءات.

تيتانيوم في التزوي من الدرجة الثانية، هذا يعني أن احتكاك سلك الفولاذ غير القابل للصدأ بالوضع الحيادي أقل من النيكل تيتانيوم، ولكن عند بدء التزوي تصبح أسلاك الفولاذ غير القابل للصدأ أكثر احتكاكاً من النيكل تيتانيوم، يعزى السبب لانخفاض معامل المرونة لسلك النيكل تيتانيوم (Articolo et al. 2000). ينتج سلك الفولاذ احتكاكاً أقل، ثم يليه النيكل تيتانيوم تقريباً أكبر بمرتين، ثم بيتا تيتانيوم أكبر بخمس مرات، مع العلم أن البيتا تيتانيوم يتمتع بصلابة حوالي 42% من صلابة الفولاذ، مما يشير إلى تدخل عامل الخشونة.

يمكن تقسية سطح خلائط الأسلاك بإجراء زرع ايوني ion implantation مما يعطي مقاومة للحت، فزرع شوارد النتروجين على سطح البيتا تيتانيوم ينقص المقاومة الاحتكاكية بشكل مشابه أو أقل من الفولاذ غير الصدأ (Rossouw et al. 2003a).

قارن Labib وزملاؤه المقاومة الاحتكاكية لأسلاك البوليمير مع أسلاك الفولاذ باستعمال حاصرات الخزف وحاصرات Damon 3 مع نموذجين من الربط (ربط مطاطي تقليدي conventional ligation & ربط مطاطي انزلاقي slid ligation) فوجد أن المقاومة الاحتكاكية لحاصرات الخزف مع أسلاك الفولاذ بربط مطاطي تقليدي أكبر من المقاومة الاحتكاكية لحاصرات الخزف مع أسلاك البوليمير بربط مطاطي انزلاقي، وكان أقرب إلى حاصرات Damon 3 بالمشاركة مع أسلاك الفولاذ؛ بالمقابل كانت المقاومة الاحتكاكية أكبر لأسلاك البوليمير مع حاصرات Damon 3 من أسلاك البوليمير مع حاصرات الخزف مع الربط الانزلاقي (Labib et al. 2010).

بين Zufall وزملاؤه أن الاحتكاك الحركي لأسلاك الكمبوزيت أكبر من أسلاك الفولاذ وأقل من أسلاك النيكل تيتانيوم والبيتا تيتانيوم، كما لم تتأثر المقاومة الاحتكاكية بمادة الحاصرة أو النسبة الحجمية للألياف أو الزاوية سواء بالحالة الحيادية أو الفعالة (Zufall et al. 1998).

درس Suwa وزملاؤه المقاومة الاحتكاكية لأسلاك البوليمير بالمقارنة مع أسلاك الفولاذ وأسلاك النيكل تيتانيوم باستعمال حاصرات الخزف وحاصرات الكريستال والحاصرات الفولاذية والبلاستيكية مع تحديد القوة الناظمة، فوجد أن الخواص الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت مشابه للأسلاك المعدنية، ولكن عند استعمال أسلاك الكمبوزيت مع حاصرات الخزف كانت أعلى من بقية الثنائيات وقد نقص الاحتكاك عند إجراء التجربة بالوسط الرطب (Suwa et al. 2003).

كما بين Bandeira وزملاؤه على زيادة الاحتكاك للسلك التجميلي Optis والنيكل تيتانيوم عند غمرهم بمحاليل حمضية، وبين أن الغمر بمحاليل متعددة تؤثر في سطح السلك، وبالتالي إلى زيادة الاحتكاك (Bandeira et al. 2011).

أما yamagata فأثبت ان الصفات الاحتكاكية لأسلاك FRC وأسلاك NiTi متشابهه عند قياس معامل الاحتكاك لحاصرات polycrystalline alumina (yamagata et al. 1995).

من العوامل الأخرى المؤثرة في السلك:

1) -حجم وشكل مقطع السلك والخلوص:

تتفق معظم الأبحاث نسبياً على ازدياد الاحتكاك بزيادة حجم مقطع السلك، هندسياً الحقيقة نفسها حيث يزداد الاحتكاك من المقطع الدائري إلى المربع إلى المستطيل، ولكن زيادة حجم النيكل تيتانيوم ليس بالضرورة يسبب زيادة الاحتكاك (Smith et al. 2003)، ربما بسبب مرونة النيكل. بينما لا يظهر السلك ذو المقطع المستطيل احتكاكاً أكبر من الدائري إذ كانا الارتفاع العمودي نفسه، حيث تكون المقاومة الاحتكاكية مستقلة عن المنطقة الظاهرة من التماس بالتالي للاجسام الصغيرة والكبيرة يكون معامل الاحتكاك نفسه وهو **القانون الثاني** للاحتكاك. فقط عند تغير البعد العمودي للسلك يختلف مقدار الاحتكاك، بالمقابل عند وجود تزوي يظهر السلك المضلع احتكاكاً أقل من الدائري بسبب الضغط الزائد الموضع على نقطة التماس للسلك المستدير بالمقارنة مع خط التماس للسلك المضلع، إذ يمكن أن يسبب تثلم السلك مما يزيد الاحتكاك أثناء الحركة الانزلاقية (Smith et al. 2003).

بينما وجد Tidy أن زيادة حجم مقطع السلك ينتج احتكاكاً أقل، بسبب زيادة الصلابة. بينما نقصان حجم مقطع السلك ينتج نقصان بالصلابة مما يسمح بإمالة أكبر نتيجة تطبيق القوة على الحاصرة، وبالتالي زيادة في التماس (Tidy. 1989).

يعد **الخلوص** [وهو الفراغ المتشكل بين السلك والشق] مهماً لمنع الانحناء أثناء الانزلاق، ويعتمد على حجم الشق (عمقه) وحجم السلك (مقطعه) وعرض الحاصرة (Kusy & Whitly. 1999). وبما أن السلك ذو المقطع المستطيل ينتج احتكاكاً أكبر من السلك ذي المقطع الدائري، فينصح باستعمال المقطع المستدير بقطر 0.018 أنش لشق 0.22 أنش أثناء إغلاق الفراغات، لان المقطع الدائري أقل احتكاكاً، والقطر0.018 أنش ذو صلابة جيدة تمنع تشوه السلك (Nanda & Ghosh. 1997).

2) الصلابة:

يعتد السلك التقويمي من الناحية التقويمية جائزاً مثبتاً من طرف واحد أو من طـرفين. فـالقوة المطبقة على الجائز المرن تسبب تشوه مرن ضمن الحدود المرنة للمادة، فالسلك الصـلب أقـل نابضية وأقل تشوهاً، حيث تزداد الصلابة مع ازدياد القطر، فمضاعفة قطر السلك يسبب زيـادة الصلابة حوالي 16 مرة وتزداد المتانة 8 مرات، كذلك يؤثر الطول على الصلابة، فمضـاعفة الطول ينقص الصلابة 8 مرات (Nanda & Ghosh. 1997).

سريرياً، تؤدي زيادة المسافة بين الحاصرات أثناء انزلاق الناب إلى حدوث نقص فـي صـلابة السلك، حيث تسبب قوة الإرجاع المطبقة على الحاصرة تشوه السلك محدثةً زيـادة بالاحتكـاك وخاصة احتكاك الانحناء binding (Liaw et al. 2007)، لمنع هذا التشوه يمكن زيـادة القطـر لزيادة الصلابة. كذلك تتأثر الصلابة بطبيعة تثبيت الجائز، فالتثبيت القوى الصاب على طرفـي العارضة يزيد الصلابة أربع مرات، لذلك يجب ربط السلك مع الحاصرات بشكل قـوي أثنـاء الانزلاق لزيادة الصلابة ومنع تشوه السلك أثناء الانزلاق، بالإضافة إلى اختيـار نوعيـة مـن خلائط ذات صلابة عالية (Nanda & Ghosh. 1997) .

2-3-5- وزن الكتلة المتحركة بالنسبة للسطح او (الربط):

تؤثر القوة الناظمة، سواء ثقل الكتلة أو إبقاء الكتلة بحالة تماس، في قيمة الاحتكاك أكثر من قيمة سطح التماس بين الجسمين المنزلقين، وهو ما ينص عليه القانون الأول من الاحتكاك والذي ينص على تناسب قوى الاحتكاك مع القوة الناظمة.

تقويمياً تنتج طرق الربط المختلفة (بأسلاك ربط فولاذية أو بمطاط الربط) لتثبيت السلك ضمن شق الحاصرة مستويات تشابك مختلفة تؤثر في قيم الاحتكاك. ذكر Schumacher وزملاؤه أن الاحتكاك يتحدد غالباً بطبيعة الربط وليس بأبعاد الأسلاك المختلفة. حيث يرتبط الاحتكاك بالقوة الطبيعية المطبقة، والتي تتأثر بدرجة شد سلك الربط الذي يحشر السلك التقويمي ضمن شق الحاصرة. إن الربط التقليدي لإبقاء الأسلاك في حالة تماس مع الحاصرات هو أسلاك الفولاذ، حيث قُسم إلى قسمين: الأول ربط معدني (مربوط بإحكام) tie ligature، أخذ عليه زيادة القوة الناظمة، وبالتالي زيادة المقاومة الاحتكاكية، والثاني ربط معدني (غير مربوط بإحكام) loosely ligature، وذلك بربطه بشكل محكم ثم فكه 3 دورات عكسية، قد أنتج أقل مقاومة احتكاكية لكل الثنائيات (Mantel. 2011). لكن بسبب طول زمن العمل، تم تطبيق حلقات مطاطية مسطحة

ذات مقطع دائري مصنعة من مادة مطاطية مرنة بوليميرية مثل polyurethane متوافق حيوياً، وقد انتشرت بسهولة بسبب سهولة التطبيق وتقليل زمن العمل، بالإضافة إلى راحة المريض (Nanda & Ghosh. 1997).

أظهرت الاختبارات أن مطاط الربط elastomeric modules يسبب اختلافاً واسعاً في مستويات قوة الربط، حيث وجد Sims وزملاؤه أن الربط بالحلقات المطاطية ينتج قوة احتكاك تقدر بـ50-150غ (Sims & Waters.1993)، أما Dowling فبين أن الحلقات المطاطية الشفافة أقل احتكاكاً من الحلقات الملونة (Dowling 1998).

قام Edwards وزملاؤه بدراسة عدة أنواع من الربط: مطاط تقليدي بشكل O مع مطاط تقليدي بشكل 8 مع ربط بأسلاك الفولاذ غير القابل للصدأ بالإضافة إلى الربط المطلي بالتفلون، فوجد ارتفاع المقاومة الاحتكاكية للربط التقليدي بشكل 8 عن باقي أنواع الربط المستعملة (Edwards et al. 1995).

-من جهة أخرى استنتج Khambay وزملاؤه أن الاحتكاك يتعلق بالخواص السطحية لمادة الربط (Khambay et al. 2005) . ووجد بعض الباحثين أن سلك الربط الفولاذي يحدث احتكاكاً أقل من مطاط الربط، فقد ذكر Bednar وزملاؤه أن الاحتكاك كان أكبر للحاصرات المربوطة بالمطاط ومع مختلف قياسات الأسلاك من الحاصرات المربوطة الفولاذ غير القابل للصدأ (Bednar et al. 1991). وقد قارن Kahlon وزملاؤه بين الربط المطاطي التقليدي والسلكي والمطاط المخفف للاحتكاك وحاصرات ذاتية الربط بنوعيها، فوجد أن الحاصرات ذاتية الربط الحيادية passive والربط المعدني ينتجا أخفض قيمة احتكاك يليها حاصرات ذاتية الربط الفعالة active ثم المطاط المخفف للاحتكاك ثم المطاط التقليدي (Kahlon et al. 2010). أيده Gandini وزملاؤه الذي قارنوا بين المطاط التقليدي والذي يتميز بثخانة 0.9 مم مع المطاط المخفف للاحتكاك ومع حاصرات ذاتية الربط، فوجد انخفاض الاحتكاك عند كلّ من حاصرات ذاتية الربط والمطاط المخفف للاحتكاك عن المطاط التقليدي (Gandini et al. 2008). أما Mantel فوجد أن مطاط المخفف للاحتكاك أخفض قيمة احتكاك من المطاط التقليدي على سلك 0.018 أنش بوجود اللعاب الطبيعي (Mantel. 2011).

خالفهم Tecco وزملاؤه برأيهم على ان المطاط المخفف للاحتكاك يبدي احتكاكاً أقل من المطاط التقليدي بجميع قياساته عند استخدام السلك ذي المقطع الدائري، مهما كان نوعه ومهما كان

قياسه، ولا يبدي احتكاكاً أقل من المطاط التقليدي عند استخدمه مع السلك ذي المقطع المضلع (Tecco et al. 2009، Tecco et al. 2007).

-بالمقابل ربط زيادة الاحتكاك بثخانة الحلقة المطاطية، فقد قارن Ghimenti وزملاؤه بين مطاط تقليدي بثلاث قياسات (من حيث القطر والثخانة) ومطاط مطلي بالسيلكون كمطاط مزلق، ووجدوا نقصان الاحتكاك بنسبة 13-17%. عند استعمال المطاط ذي الثخانة الصغيرة والمتوسطة، بينما أنتج المطاط المطلي بالسيلكون (الأقل ثخانةً) احتكاكاً أقل من جميع القياسات سواء لسلك النيكل تيتانيوم بمقطع 0.014 انش أو المضلع الستيل بمقطع 0.019*0.025 انش (Chimenti et al. 2005). أيدته دراسة لنا بينت أن المقاومة الاحتكاكية تتعلق بثخانة الحلقة المطاطية، حيث يزداد الاحتكاك كلما زادت ثخانة الحلقة المطاطية مهما كان نوع السلك أو الحاصرة (بابا وصوان وسليمان. 2012).

برأي Franchi & Baccetti ان مقدار المقاومة الاحتكاكية بين أنواع المطاط المختلفة لا يتجاوز 10 غ عند استخدام أسلاك نيكل تيتانيوم دائرية بقطر (0.012، 0.014، 0.016) أنش في حالة الوضع الحيادي أو سوء الرصف بحوالي 1.5 مم بالمستوى العمودي وهو فرق قليل إنما يظهر الفرق عندما يكون سوء الرصف فوق 3 مم معزياً السبب لعدم تجاوز زاوية التماس الحرجة بين السلك وشق الحاصرة (Franchi & Baccetti. 2006). كذلك بين Ogata وزملاؤه على زيادة الاحتكاك كلما زاد حجم الحاصرة او زاد حجم الشق بسبب تمطط Stretched الحلقات المطاطية، وبالتالي يؤدي إلى زيادة القوة الناظمة المطبقة على حاصرات 0.022 أنش (Ogata et al. 1994).

بالمقابل للّعاب تأثير على بنية المطاط داخل البيئة الفموية من فعل hydrophilic للعاب، فقد وجد Hain وزملاؤه انخفاض المقاومة الاحتكاكية بعد تعريض المطاط للعاب لمدة أسبوع بالمقارنة مع 60 دقيقة، بالإضافة إلى انخفاض التوتر المرن elastic tension نتيجة الزمن (Hain et al. 2003).

5-3-3- *الوسيط المزلق:* (Mendes & Rossouw. 2003)

تجرى الدراسات الاحتكاكية بين جسمين بشكل عام ، ولكن عندما تتم دراسة الاحتكاك في تقويم الأسنان، يجب الأخذ بالحسبان الوسيط بين الجسمين وهو اللعاب الذي يغطي الأجهزة التقويمية، حيث وجد اختلاف جوهري بقيم الاحتكاك لدى دراسته الاحتكاك بين الوسط الجاف والرطب

بالمجمل عند استعمال مزلقات كالماء او الماء الملحي السيروم (saline) أو اللعاب الطبيعي أو الغليسرين أو اللعاب الصناعي (Kusy & Whitley. 2003).

كان يعتقد للوهلة الأولى أن اللعاب يقوم بدور المزلق، ولكن هنالك مقالات كثيرة شككت بدور اللعاب بإنقاص الاحتكاك بين الأسلاك والحاصرات، حيث لا اختلاف جوهري بين مستويات القوة الاحتكاكية عند استخدام اللعاب أو عدم استخدامه. فعند استخدام اللعاب كوسيط، تزداد القوى الاحتكاكية ومعامل الاحتكاك أو ينخفضان أو لا يتغيران حسب نوعية مادة السلك (Mendes & Rossouw. 2003).

الاختلاف الأكبر حدث بين الوسط الرطب او الجاف كان بخليطة TMA، حيث انخفض الاحتكاك الحركي بالوسط الرطب حوالي 50% من قيمتة عما هو بالوسط الجاف بينما لا نجد ذلك عند أسلاك النيكل تيتانيوم وأسلاك الفولاذ (Mendes & Rossouw. 2003).

قورن الاحتكاك بين الوسط الجاف والرطب باستخدام اللعاب الطبيعي، ووجد اختلاف جوهري بين الجاف والرطب بالمجمل ولكن أظهر سلك الفولاذ والنيكل تيتانيوم زيادة بالاحتكاك عن TMA، وقد فسر زيادة الاحتكاك بسبب زيادة إجهاد السطح المتشكل بفعل اللعاب، حيث يخفض اللعاب تشكل اللحام البارد cold welding بين نتواءات السطحين. كما ينقص اللعاب الطبيعي الاحتكاك لأسلاك التيتانيوم والحاصرات الخزفية (Saunders & Kusy. 1994)

فسر تباين المقاومة الاحتكاكية بين الوسط الجاف والرطب بسبب قوة التحميل loading force بين السلك والحاصرة. فاللعاب يعمل كمادة مزلقة إذا تعرض للقوة الخفيفة، أما زيادة القوة على اللعاب فيسبب زيادة الاحتكاك إذ أنتجت قوى التماس بين السلك والحاصرة مقاومة قص للانزلاق shear resistance (Smith et al. 2003). تم العمل لإيجاد بديل عن اللعاب الطبيعي خاصة لتجارب الاحتكاك وكان اللعاب الصناعي (Rossouw et al. 2003a) ، حيث تشير النظرية اللاصقة للاحتكاك "adhesive theory of friction" إلى أن الاحتكاك يزداد بوجود سائل قطبي مثل اللعاب الصناعي مشكلاً زيادة في الجذب الذري atomic attraction بين أنواع الأيونات ionic species، وهو بدوره يقود إلى التصاق السطوح الخشنة asperities بالتالي مقاومة الانزلاق (Smith et al. 2003).

وجد زيادة الاحتكاك لأسلاك الفولاذ والنيكل تيتانيوم وTMA مع بقاء TMA أقل احتكاكاً من بقية الأسلاك عند استخدام اللعاب الصناعي، مما سبب صراع مع الباحثين أمثال Baker

ومعاونيه الذين أثبتوا أن اللعاب الصناعي ينقص الاحتكاك لكل الأسلاك. بينمـا وجـد Ho & West أن اللعاب الصناعي ينقص الاحتكاك لكل أنواع الأسلاك ما عدا أسلاك بيتا تيتانيوم (Ho & West In: Mendes & Rossouw. 2003)، كذلك يسبب المـاء نقصـان بالاحتكـاك لأسلاك الفولاذ والنيكل تيتانيوم لبعض الأحجام (Mendes & Rossouw. 2003).

تبين لـ Kusy أن لا بديل عن اللعاب الطبيعي مقابل الصناعي للتخفيف من المقاومة الاحتكاكية، اذا تبين له أن اللعاب الطبيعي هو الأفضل ثم الماء ثم الوسط الجاف فاللعاب الصناعي مهما كان تركيبه في تقليل المقاومة الاحتكاكية (Kusy & Whitley. 2003).

تتأثر الطبقة المتخللة بين السطحين بثلاث صفات هي: القوام Constitution والتوتر السطحي surface tension واللزوجة viscosity (Rossouw et al. 2003a).

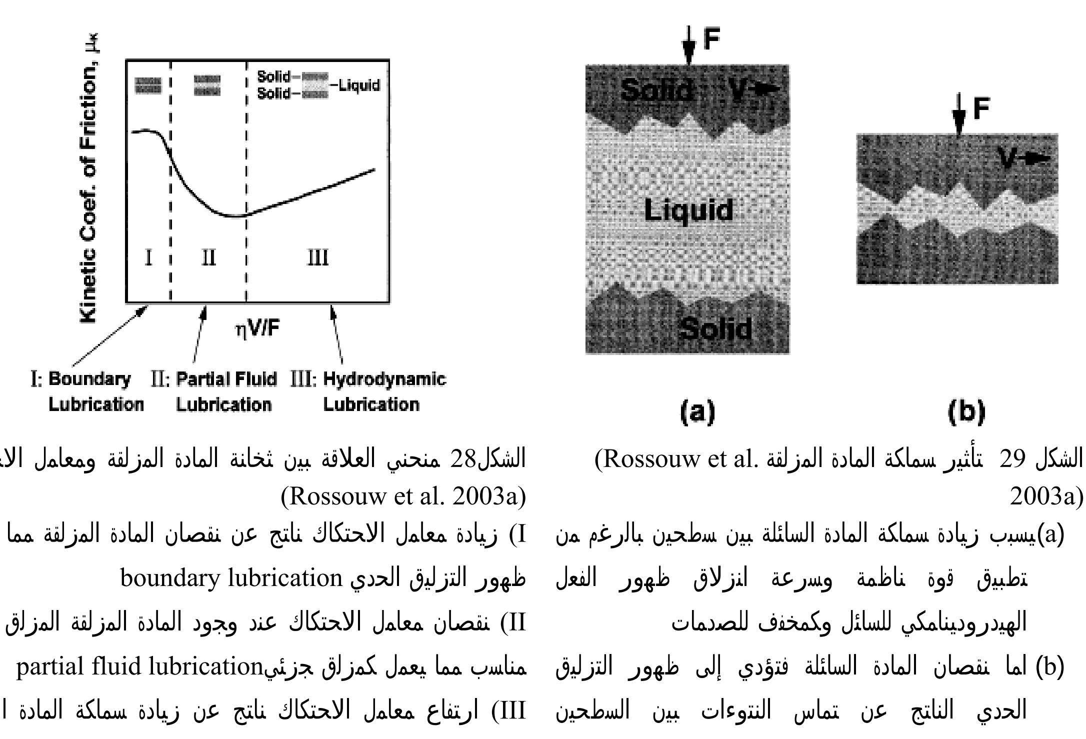
- تتغير القوى الاحتكاكية ومعامل الاحتكاك زيادة أو نقصان أو دون تغيير عند استخدام السوائل كوسيط مزلق. لا يرتبط تغير المقاومة الاحتكاكية بنوعية المادة المزلقة فقط ولكن يختلف حسب ثخانتها، حيث تسبب السوائل النقية أو المحاليل بشكلٍ أولي تغيرات كهربائية كيميائية electrochemical مثل الانحلال والتآكل والتخريش، تسبب زيادة ثخانة المادة المزلقة إلى عدم تماس السلك والحاصرة بالرغم من وجود القوى الناظمة، وبالتالي يعمل الوسيط كمزلق هيدروديناميكي hydrodynamic lubrication. أما عند الإقلال من هذه الطبقة، فتسبب تماس السطوح الخشنة، وبالتالي يعمل الوسيط كمزلق حدي boundary lubrication، الانتقال بين المصطلحين هو المزلق السائل الجزئي partial fluid lubrication، الشكل 28-29. بالمقابل يسبب الاحتكاك للسطوح المتماسة بوجود سائل بينهما تغيرات ميكانيكية لمعالم أحد السطوح أو لكليهما كنتيجة روتينية، وبالتالي يعتمد على قساوة المادة لمقاومة الاهتراء الناتج عن الاحتكاك.

-يرتبط التزليق بالتوتر السطحي surface Tension:

لبعض المواد تأثير لاصق عن غيرها بسبب مستوى الطاقة العالي الذي تتمتع به، هذا الالتصاق سببه التوتر السطحي للمادة. حيث يقسم سطح الأجسام إلى ثلاثة أنواع حسب القدرة على الترطيب: وهي غير مرطب nonwetting، مرطب wetting، منتشر spreading، الشكل 30.

تعتمد القدرة على الترطيب wetability على نظافة السطح فنجد أن قطرة الماء تنتشر على السطح المعدني بينما لا تنتشر على السطح الملوث بالزفير أو اللمس، وبالتالي تنتج السوائل

المنتشرة احتكاك اكبر من السطوح غير الرطبة لذلك تعد السطوح ذات التوتر المنخفض ذات صفات مزلقة جيدة (Rossouw et al. 2003a).



الشكل 29 تأثير سماكة المادة المزلقة (Rossouw et al. 2003a)

a)يسبب زيادة سماكة المادة السائلة بين سطحين بالرغم من تطبيق قوة ناظمة وسرعة انزلاق ظهور الفعل الهيدروديناميكي للسائل وكمخفف للصدمات

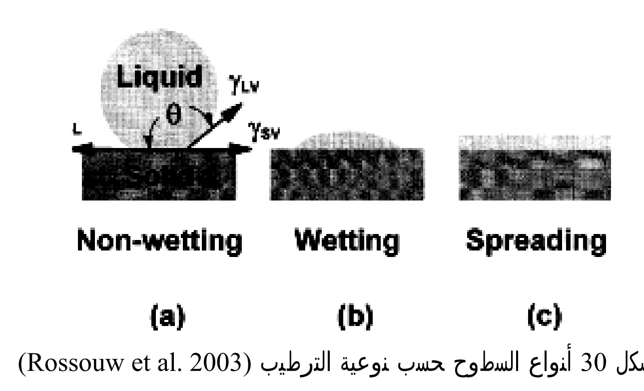
b) اما نقصان المادة السائلة فتؤدي إلى ظهور التزليق الحدي الناتج عن تماس النتوءات بين السطحين وبالتالي التحكم بتصرف الانزلاق

الشكل28 منحني العلاقة بين ثخانة المادة المزلقة ومعامل الاحتكاك (Rossouw et al. 2003a)

I) زيادة معامل الاحتكاك ناتج عن نقصان المادة المزلقة مما يسبب ظهور التزليق الحدي boundary lubrication

II) نقصان معامل الاحتكاك عند وجود المادة المزلقة المزلق بشكل مناسب مما يعمل كمزلق جزئيpartial fluid lubrication

III) ارتفاع معامل الاحتكاك ناتج عن زيادة سماكة المادة المزلقة مما يعمل كمزلق هيدروديناميكيhydrodynamic lubrication



الشكل 30 أنواع السطوح حسب نوعية الترطيب (Rossouw et al. 2003)

-وصف نيوتن اللزوجة بأنها مقاومة الطبقة المتخلخلة أو ما يدعى الاحتكاك الداخلي، وتحدث أثناء التدفق، حيث تتأثر بالحرارة وبكثافة المادة مما يعني أن لها دوراً في تحديد ثخانة المادة وتأثير قوة التحميل في زيادة الاحتكاك او انخفاضه.

5-3-4- عوامل فيزيائية أخرى:

سرعة الانزلاق: يعد **القانون الثالث** من قوانين الاحتكاك أن الاحتكاك مستقل عن سرعة الانزلاق (Rossouw et al. 2003b)، ولكن وجد نقصان بالاحتكاك مع زيادة سرعة الانزلاق

لسلك الكروم كوبالت وزيادة بالاحتكاك مع زيادة سرعة الانزلاق لسلك البيتا تيتانيوم. بينما لا يوجد فرق نوعي بالاحتكاك بين سلك الفولاذ والنيكل تيتانيوم مع الخزف عند زيادة السرعة (Mendes & Rossouw. 2003, Smith et al. 2003)

السرعة المثالية لإغلاق الفراغ بين الثنايا حوالي 2.4×10^{-4} مم/د (Rossouw et al.2003b). مخبرياً جميع السرعات المختبرة أعلى من سرعة الحركة السريرية، بالتالي لا تسمح بإزالة طبقة الأكسيد المتشكلة خاصة عندم انزلاق البيتا تيتانيوم، لذلك يجب أن تكون التجارب أقرب ما يمكن للواقع السريري، كثير من الباحثين وجدوا أن لا فرق بين سرعة 0.5- 1- 5 مم/د بالاختبارات المخبرية (Rossouw et al. 2003b).

6- الخواص اللونية:

معظم الأسلاك المستعملة بالمعالجة التقويمية معدنية لذلك لا تحقق المتطلبات الجمالية ولكن بوجود أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف حقق الناحية الجمالية حسب ادعاء الشركات المنتجة (Silva et al. 2012). ولكن هذه الأسلاك مكونة من مادة بوليميرية أخذ عليها تغير لونها مع الزمن داخل الوسط الفموي، يحوي الوسط الفموي على مشروبات ملونة بالإضافة إلى جميع أنواع الأطعمة المتناولة، كذلك أنواع مختلفة من الأدوية المتناولة، كما يحوي الفم على اللويحة بالإضافة إلى التغير الحراري الحاصل داخل الفم.

(Karamouzos et al. 2010, Corekci et al. 2010, Eliades et al. 2004).

تعريف اللون: اللون هو نتيجة تفاعل ثلاثة عناصر: مصدر الضوء والجسم والعين الحساسة. فالضوء يعدل بالجسم عن طريق الانعكاس او الامتصاص، وبالتالي يدرك الناظر للضوء المعدل اللون المميز للجسم (Ghu. 2003)، الشكل 31.



الشكل 31 ظاهرة التفاعل بين عناصر اللون (Ghu. 2003)

فالضوء هو القسم المرئي من الطيف الكهرطيسي، يتميز بان له أطوال موجات مختلفة تقاس بالنانومتر. تتراوح أطوال الطيف المرئي التي يمكن لعين الإنسان أن يراها بين 400 -700 نانومتر (1متر يساوي 1 مليار نانومتر) تتروح بين اللون البنفسجي إلى الأزرق ثم الأخضر فالأصفر ثم الأحمر، أما أطوال الموجات القصيرة من الطيف فهي تتضمن الأشعة فوق البنفسجية وأشعة X، أشعة غاما، أما الموجات الطويلة من الطيف فهي الأشعة تحت حمراء الموجات الميكروية والراديوية (Ghu. 2003, Li. 2003)، الشكل 32.

تنتج جميع الألوان من ثلاثة ألوان أساسية هي الأحمر، الأزرق، الأصفر، وهي مصدر جميع الألوان باتحادها بنسب مختلفة، نحصل من خلالها على ألوان الطيف الأخرى .wee et al) 2006).

الشكل 32 أنواع الأشعة الكهراطيسية سواء الطيف المرئي او غير المرئي (wee et al. 2006b)

6-1 فضاء الألوان- (أنظمة اللون)- (Wee. 2006b):

يوصف الجسم الصلب بثلاثة أبعاد لشكله الفيزيائي (الطول، العرض، الارتفاع) كذلك اللون له ثلاث خواص للتعبير عنه بدقة، ويعتمد وصف تلك الخصـائص علـى نوعيـة نظـام اللـون المستعمل. هناك نظامان: - نظام بصري Munsell system - نظام كمي CIELAB system

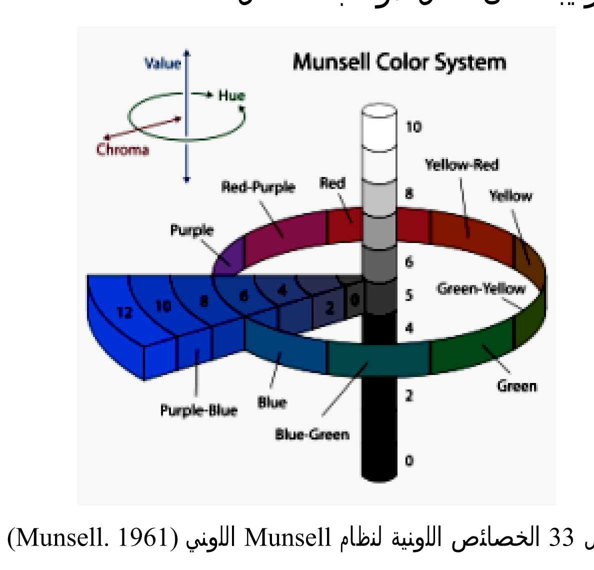
- نظام Munsell

يعد من أكثر الأنظمة البصرية انتشارا بالأدب الطبي السني وله ثلاث خواص لونية Attribute (Munsell. 1961):

1-Hue درجة اللون او العائلة اللاونية

هو إحساس العين لمختلف الأطوال الموجية للطاقة الشعاعية، أو ما يدعى الاسم العائلي لكل لون مثلا (أحمر، أخضر، أصفر). يحدد بطول الموجة للضوء المنعكس، حيث يعد الأقصر طول موجة هو الأقرب للقسم البنفسجي من الطيف الضوئي، والأطول طول موجة هو الأقرب إلى

القسم الأحمر، بذلك تم ترتيبه على شكل دولاب، الشكل 33.



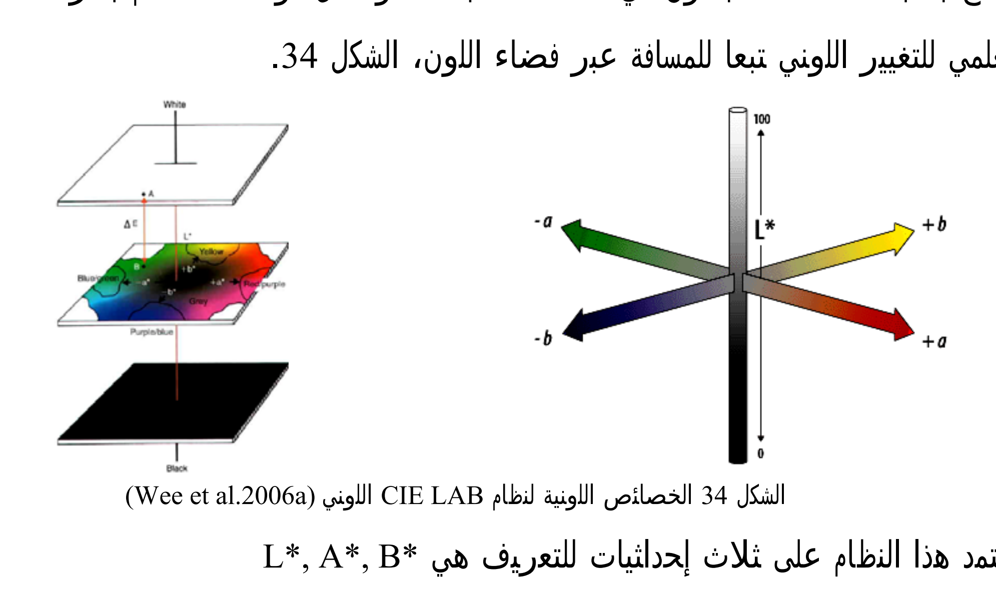
الشكل 33 الخصائص اللونية لنظام Munsell اللوني (Munsell. 1961)

2-Chroma الكثافة اللونية أو الإشباع: تعرف بأنها قوة أو كثافة درجة اللون الأساس Saturation أي تمييز اللون القوي من اللون الضعيف، ويزداد الإشباع في هذا النظام كلما اتجهنا نحو محيط الدولاب.

3- Value النصوع أو الإضاءة: ويعرف بأنه الضياء النسبي أو الظلام النسبي للون أو إضاءة الجسم. ويعد سطوع الجسم هو نتيجة لكمية طاقة الضوء التي يعكسها أو ينقلها.

- نظام CIELAB

تم تقديم هذا النظام لأول مرة عام 1971، اعتمد من المفوضية الدولية لأبحاث الإضاءة International Commission on Illumination (CIE. 1971.)، يستخدم هذا النظام بشكل واسع بالأبحاث المتعلقة باللون في مختلف المجالات وتتمثل قوة هذا النظام بقدرته على التفسير العلمي للتغيير اللوني تبعا للمسافة عبر فضاء اللون، الشكل 34.



الشكل 34 الخصائص اللونية لنظام CIE LAB اللوني (Wee et al.2006a)

يعتمد هذا النظام على ثلاث إحداثيات للتعريف هي L*, A*, B*

يحاكي L إضاءة اللون Value في نظام Munsell ويمثل درجة سطوع اللون او خواص الأبيض/الأسود Achromatic، وتتراوح بين (L= 0) أسود و(L=100) أبيض، وتوجد في أعلى الفضاء اللوني وأسفله، بينما تمثل A & B الخواص اللونية Chromatic اللون. ولكن لا تتطابق بشكل مباشر مع Hue و Chroma من نظام Munsell، فهما يحتاجان إلى تحويل رقمي. وهما يعبران عن موقع اللون ضمن مستوٍ محدد لإشراق اللون. حيث تتطابق الإحداثية **a*** مع المحور أحمر / أخضر في فضاء Munsell. تعبر القيمة الايجابية لـ a* عن اللون الأحمر- بنفسجي بينما القيمة السلبية فتعبر عن اللون الأخضر، وبشكل مشابه تطابق الإحداثية b* لمحور أصفر/ أزرق.

2-6- طرق قياس اللون:

بشكل عام هنالك طريقتان شائعتان لتحديد التغير اللوني:

الأولى الطريقة البصرية: تعتمد على عين الفاحص في كشف التغير، من مساوئها اعتمادها على رأي الفاحص وخبرته وعمره، إضافة إلى توافر الإضاءة المجاورة وإرهاق العين البشرية،وتعد قابلية إعادة النتيجة قليلة في هذه الحالة.

.(Karamouzos et al. 2010, Corekci et al. 2010, Kolbeck et al. 2006)

الثانية الطريقة الرقمية: تعتمد على وجود حساس ضوئي ينقل اللون بدقة، ومن ثم تحليل اللون رقمياً بواسطة برنامج حاسوبي Software يتميز باحتوائه على نظام لوني .(Karamouzos et al. 2010)

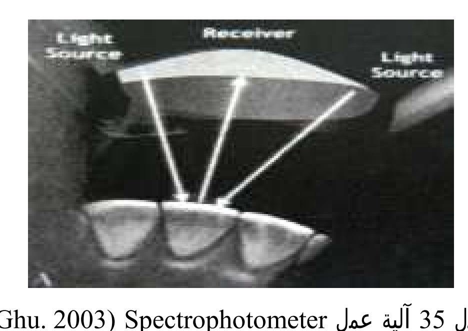
هنالك عدة أجهزة لتحليل اللون تتميز باحتوائها على نظام لوني (Karamouzos et al. 2010):

1- Spectroradiometers & Spectrophotometers

2- Colorimeters.

3- Software with digital camera & Digital color analyzers.

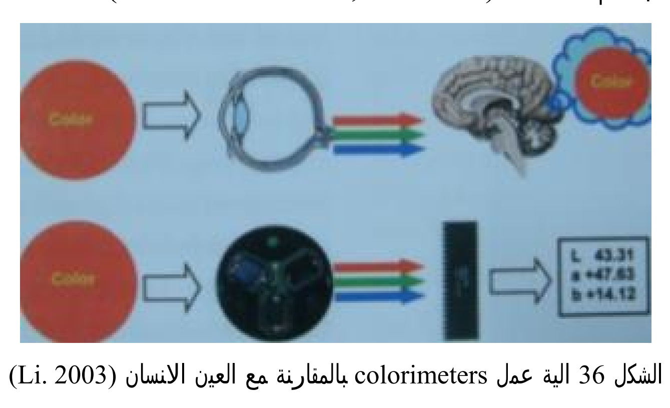
يقيس Spectroradiometers و Spectrophotometer طول الموجة من الطيف المرئي للضوء المنعكس بفاصل كل 10 نانومتر ويختلفان عن بعضهما بأن Spectoradiometers يختلف عن الآخر بالمقام الأول بأن له مصدر ضوء ثابت وعادة لديه منفذ بين الحساس والعينة، الشكل 35، .(Wee et al. 2006a, Ghu. 2003)



الشكل 35 آلية عمل Spectrophotometer (Ghu. 2003)

بينما يقدم colorimeters قياسات كمية ونوعية اللون مباشر دون تلاعب رياضي. حيث يعمل على مبدأ انعكاس الضوء من الجسم من خلال ثلاث فلاتر لونية (أحمر أخضر أزرق) تشبه المستقبلات اللونية في العين، الشكل 36.

من مساوئها أن معظم الأجهزة غير مناسبة للتطبيق الروتيني في العيادة السنية وذلك ضمن حدود قياس اللون للأجسام الشفافة (Wee et al. 2006a, Li. 2003).



الشكل 36 الية عمل colorimeters بالمقارنة مع العين الانسان (Li. 2003)

كما يمكن استخدام كاميرا الديجيتال ضمن ظروف محددة مع استخدام برنامج تحرير الصـورة القياسي، حيث يقدم هذا البرنامج قيم رقمية للون الصورة والإضاءة لتحديد إحداثيات اللون.

6-3- التغير اللوني: يعرف التغير اللوني هو التغير الحاصل بين نقطتين في فضـاء الألـوان ثلاثي الأبعاد، أو التغير بالإحساس اللوني ثلاثي الإبعاد. وهو أحد مزايـا نظـام CIE اللـوني لاستخدامه العلاقة التالية لدراسة التغير اللوني:

$$\Delta E^{*}=[(\Delta L^{*})^{2}+(\Delta A^{*})^{2}+(\Delta B^{*})^{2}]^{1/2}.$$

حيث $\Delta L^{*}=l_{1*}-l_{2*}$ ، $\Delta A^{*}=a_{1*}-a_{2*}$ ، $\Delta B^{*}=b_{1*}-b_{2}$

(CIE. 1971، Wee et al. 2006(a)، Karamouzos et al. 2010، Corekci et al. 2010).

استخدمت هذه العلاقة في جميع الدراسات التي تتعلق بالتغير اللوني سواء للتغير اللوني لحشوات الكمبوزيت أو التعويضات الثابتة أو المتحركة أو التغير اللوني لأسنان المرضى بعد المعالجة التقويمية او بعد تبييض الأسنان.

(Silva et al. 2012, Cardoso et al. 2011, Celik et al. 2011, corekci et al. 2010, .Jadad et al.2011, Janda et al. 2007)

أشار الجميع إلى العتبة threshold ΔE^*=3.7 هي الحد بين التغير المرئي وغير المرئي للون لجميع التجارب وفق تصنيف Johnston & Kao. 1989 (Karamouzos et al. 2010) رغم وجود عدة تصنيفات للتغير اللوني، جدول 2.

جدول 2 أنواع التصنيفات للتغير اللوني

ΔE^*	تصنيف Johnston & Kao. 1989 (Karamouzos et al. 2010)
<1	التغير غير مرئي Invisible
1-3.7	التغير مرئي Visible ومقبول سريرياً clinically acceptable
>3.7	فالتغير مرئيVisible وغير مقبول سريرياً clinically unacceptable
ΔE^*	تصنيف Clinical color-matching tolerance (Ozcelik et al. 2008)
0	مثالي perfect
0.5-1	ممتاز Excellent
1-2	جيد good
2-3.5	مقبول سريرياً clinically acceptable
>3.5	تغير واضح mismatch
ΔE^*	تصنيف National Bureau Standards(NBS) 1968 (Silva et al. 2012)
0-0.5	تغير خفيف جدا Extremely slight change
0.5-1.5	تغير خفيف Sight change
1.5-3	تغير يمكن احساسه Perceivable change
3-6	تغير ملحوظ Marked change
6-12	تغير ملحوظ جدا Extremely Marked change
+12	تغير إلى لون أخرChange to other color

6-4- العوامل المؤثرة بالتغير اللوني للبوليمير:

6-4-1- العوامل الخارجية: من العوامل الغسولات الفموية الملونة والأصبغة الطعامية كالقهوة والكولا والشاي والنبيذ الأحمر، يزداد معدل التغير اللوني عند الأشخاص الذين يشربون الشاي أو القهوة أو الإثنين معاً ست أو سبع مرات يومياً، كما أن المشروبات الغازية وبعض الأدوية (شراب الحديد) لهم أثر كبير بالتغير اللوني لما

تحتـوي مـن مـواد صـابغة. كـذلك حسـب نوعيـة البـوليمير، هـل هـو محـب للماء hydrophilic أو كاره للماء hydrophobic ونوعيـة المـادة المالئـة (عضـوية، غيـر عضوية، سليكا)، نوعيـة وتركيـز المـادة الرابطـة، تسـاعدها خشـونة السـطح. بالتـالي حدوث تصبغ اللوني مـن حيـث التصـاق المـواد المختلفـة (Karamouzos et al. 2010, Corekci et al. 2010).

6-4-2- العوامل الداخلية: من أهمها درجة البلمرة، نوعية المحرض الضوئي للتصاب photo–initiator وزمن التعرض الضوئي light-curing، حيث تزيد من امتصاص الماء water sorption مسبباً تغيراً لونياً كلما زاد زمن التعرض وتساعدها أيضا ظروف فيزيائية وكيميائية مختلفة مثل الرطوبة والتغيرات الحرارية والتعرض لإشعاع فوق البنفسجي، حيث تسبب تغيرات كيميائية في بنية المادة، تسبب هذه التغيرات تسبب تغيراً لونياً لا عكوساً irreverse في البوليمير (Karamouzos et al. 2010, Corekci et al. 2010).

وجدت Silva وزملاؤها ازدياد التغير اللوني للأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف كلما زاد زمن غمر الأسلاك بالماء، ويظهر سريرياً بعد 21 يوماً من الغمر؛ كما وجدت ان التغير كان واضحاً في أطراف العينة (السلك)، معللا السبب إلى حدوث تصدع للبوليمير سمح بنفوذ التصبغات إلى داخل البوليمير (Silva et al. 2012). أيدها بذلك Celik وزملاؤه على وجود تغيرٍ لونيٍ واضح عند غمر البوليمير لمدة تزيد على الشهر بالماء (Celik et al. 2011). بينما وجد Corekci وزملاؤه تغير لون مادة الكمبوزيت من المشروبات الملونة مع الزمن، ووجد أن ذلك التصبغ يتأثر بمحتوى البوليمير من المواد المالئة ونوعية المونومير ودرجة البلمرة.

اعتبر الصحة الفموية من أهم العوامل للتقليل مـن التغيـر اللـوني فـي مـادة الكمبوزيـت (Corekci et al. 2010)، كذلك بـين Lee أن الكمبوزيـت يتغيـر لونـه بمجـرد تعرضـه إلى تغيرات حرارية أو بعد البلمرة، ويعتمد على نوعيـة المـادة الرابطـة Matrix وكميتهـا مقارنةً مع النسبة حجمية المالئة (Lee. 2005).

وجد Eliades وزملاؤه إن جميع البوليميرات أظهرت تغيراً لونياً، بعضها بشكل واضح سريرياً بسبب تجاوز عتبة التغير اللوني والبعض تغير محدود باللون، وذلك لدى تعريض البوليمير لأشعة تشبه أشعة الشمس لمدة 31 يوما وبدرجة 38° مئوية (Eliades et al. 2004)، بينما ربط Karamous وزملاؤه التغير اللوني الذي يصيب المادة البوليميرية إلى عوامل داخلية وخارجية

لهذه المادة (Karamous et al. 2010). بينما وجد Rahim وزملاؤه تغيراً لونياً ونقصاً بالخواص الميكانيكية عند امتصاص البوليمير للسوائل الحمضية كعصير البرتقال ومشروب الكربونات (Rahim et al. 2012).

7-الخواص الجرثومية والحيوية:

يسبب وضع الجهاز التقويمي صعوبات في إزالة الفلم الحيوي biofilm مما يساعد في حصـول نقص تمعدن الميناء وتشكل البقع البيضاء حول جهاز التقويم، وتشكل حوالي 50 % من مرضى المعالجة التقويمية (Faltrmeier et al. 2008).

يزداد تشكل اللويحة أثناء المعالجة التقويمية بسبب تعقيدات شكل الجهاز التقويمي وعدم وصول التنظيف إلى بعض المناطق من الجهاز التقـويمي (Sari & Birinci. 2006)، (Baboni et al. 2010).

بالإضافة إلى تفاعل الميكروبات مع مواد سطح الأجهزة خصوصا بالمراحل الأولية لتشكل الفلم الحيوي (Lee et al. 2001)، حيث يتأثر تراكم اللويحة على سطح المـواد السـنية بخصـائص المواد السطحية المختلفة (Speranza et al. 2004). تسبب تراكم الجراثيم نوعياً وعـددياً علـى سطح الميناء الناتج عن الجهاز التقويمي في زيادة مشاكل سطح الميناء نتيجة المنتجات الحمضية من الجراثيم وخاصة من نوعية Streptococcus *mutans* مسبباً نقص التمعدن والنخور السنية بعد إزالة الأجهزة التقويمية (Chapman et al. 2010)، الشكل 37.

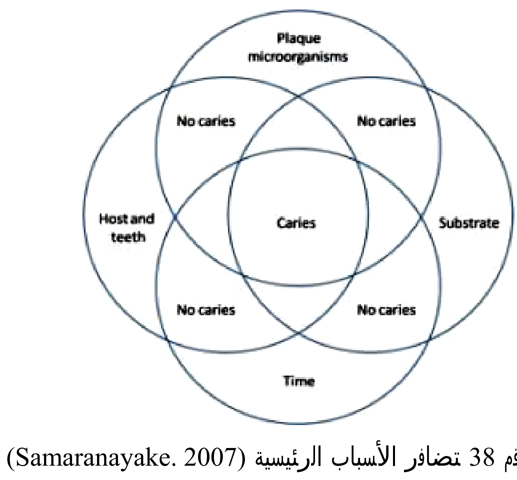


الشكل رقم 37 تشكل البقع البيضاء على الأسنان بعد نزع الحاصرات (Chapman et al. 2010)

7-1- الفلم الحيوي للويحة السنية Dental Plaque Biofilm:

هو تجمع مكروبي متعدد من جراثيم حية وميتة وبقايا المضيف، يغطى بقالب من عديدات السكاريد polyscarede وطبقات إضافية من البروتينات السكرية اللعابية مما يعطيها القوام اللزج وتتشكل من مشاركة مجموعات مختلفة من الجراثيم (Samaranayake. 2007).

يحدث النخر بوجود ثلاثة عوامل رئيسة هي المضيف Host (الأسنان واللعاب) وجراثيم اللويحة microorganisms ونوعية التغذية diet الغنية بالكربوهيدرات (Samaranayake. 2007)، الشكل 38.



الشكل رقم 38 تضافر الأسباب الرئيسية (Samaranayake. 2007)

7-1-1- النظام الغذائي diet: تمثل الكربوهيدرات الصنف الرئيس من مركبات الغـذاء التـي تغيّر النظام البيئي الفموي وتعمل كمصدر رئيس للغذاء وتدعم تكاثر الجراثيم المحبة للحموضـة عن طرق تخمر السكروز لإنتاج السكاريد المتعدد خارج خلوي لالتصاق الأولى علـى سـطح الميناء.

7-1-2- المضيف أو الثوي host: وتشمل الأسنان أو اللعاب، تعد بنية الأسنان هـي المكـان الأساسي للنخر خاصة الميناء أو العاج أو الجذور، خاصـة طبوغرافيـا المنـاطق الراكـدة او مايسمى المساكن الفموية Oral Habitats، حيث تتجمع اللويحة فيها، خاصة الأمـاكن صـعبة التنظيف، كما وجد أن الأجهزة التقويمية تشكل مساكن راكدة تتجمع بها اللويحة مما يسمح بزيادة النخر، حيث أظهرت الدراسات السريرية زيادة بتشكل الفلم الحيوي بالمشاركة مع تغيرات شكلية للجراثيم بعد وضع الجهاز التقويمي (Lee et al. 2011).

يعد معدل تدفق اللعاب وتركيبه مهماً في زيادة نسبة التصاق الجراثيم باحتوائها على البروتينات السكرية التي تلتصق على سطح السن وتشكل القشيرة اللعابية Salivary pellicle مسهلةً التصاق الجراثيم، بالإضافة إلى فعل الغسل الميكانيكي mechanical washing action لإزالة البقايا الطعامية وعدم اتصال الجراثيم عن طريق قدرة العزل buffering capacity لتعديل الحموض الناتجة عن البكتريا (Montanoro et al. 2004).

7-1-3- الجراثيم microorganisms: هناك عدة أنواع من الجراثيم التي تسبب النخور منها (Samaranayake. 2007):

- العقديات الطافرةstreptococci *mutans* :

مكورات ايجابية الغرام على شكل سلاسل قصيرة تشكل الجزء الرئيس من اللويحة، وتعد السبب الرئيس لحدوث النخر وخاصة البدئي initial caries، حيث وجد ارتباط بين عدد العقديات الطافرة في اللعاب واللويحة وبين نسبة حدوث النخر، كما عزلت من سطح الأسنان مباشرةً قبل تطور النخور. تعد ذات أهمية لأنها قادرة على تحويل السكروز الى مركبات سكاريد متعدد خارج خلوي extracellular polysaccahrides مثل الدكستران والليفان، فالديكستران ذو وزن جزئي كبير وطبيعة لزجة، ويشكل مع الليفان الكتلة الرئيسة للويحة السنية التي تسبب التصاقها بسطح السن. تستطيع هذه الجراثيم إنتاج الحمض من تحلل عديدات السكاريد الناتجة والحفاظ وتحقيق معايير الحموضة من أجل إزالة التمعدن من الميناء أكثر من بقية الجراثيم. ولها قدرة على إنتاج السكاريد متعدد داخل خلوي مثل الجليكوجين الذي يعمل كمخزن طعام عند نقص واردات الكربوهيدرات من الغذاء، كما تتميز بقابليتها بالنمو الميكروبي مع الحفاظ على منتجات حامضية منخفضة. يمكن معرفة مدى خطورة وبائية هذا الجراثيم من خلال تعدادها وتصنيفها (Samaranayake. 2007):

- ذات فعالية نخرية عالية High caries activity اذا كان تعدادها CFU >1000000\مل
- ذات فعالية نخرية منخفضة Low caries activity اذا كان تعدادها CFU <100000\مل

(CFU: colony formation units)

- العصيات اللبنية Lactobacilli:

عصيات ايجابية الغرام أليفة الهواء القليل وهي متطلبة التغذية تحتاج لنموها إلى أوساط غنية بالحموض الأمينية والدسمة تشكل 1% من جراثيم اللويحة السنية، وتعد من الجراثيم المسببة للنخور، حيث وجدت أعداد كبيرة منها في معظم النخور، لها قدرة على النمو ضمن بيئة حامضية منخفضة جداً تحت PH<5 وإنتاج حمض lactic ولها قدرة على إنتاج السكاريد المتعدد خارج وداخل خلوي من السكروز، ولكن لم تعزل هذه الجراثيم من اللويحة قبل تطور النخر لذلك تشاهد في النخور العاجية العميقة ولا تشاهد في النخور البدئية.

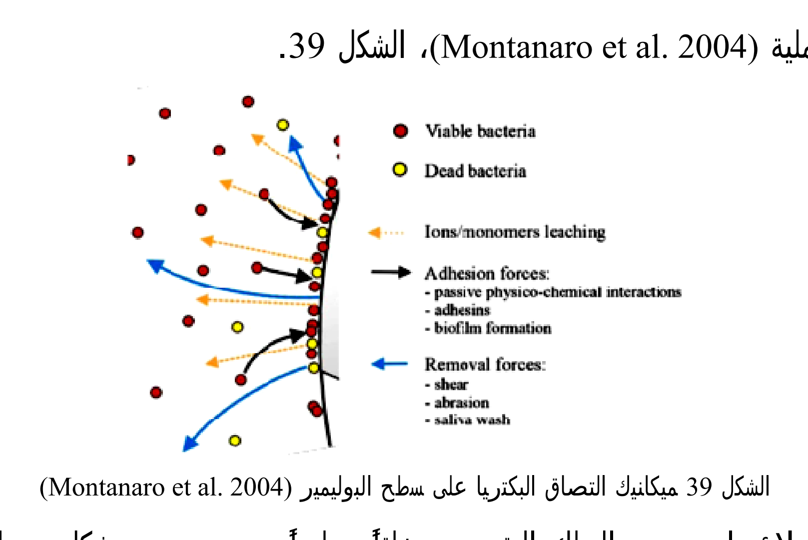
- الشعيات Actinomyces spp :

عزلات من نخور الجذور، حيث تتميز الجذور بنقص التمعدن مقارنة بالميناء بالإضافة إلى زيادة الهيكل العضوي. كما عزل من نخور الجذور جراثيم العقديات الطافرة والعصيات اللبنية، لذلك يعتبر دور الشعيات غير واضح في نخور الجذور.

فالخطوة الأولى في حدوث النخر: هو تشكل اللويحة السنية على السطح القاسي وتنشأ اللويحة من تراكم الجراثيم ومواد عضوية كالبروتينات وعديد السكاريد الخارج خلوية المحمول بواسطة اللعاب الناجمة عن تحلل الأغذية أو التي تكونها الجراثيم نفسها وتتكون اللويحة من ترسب بلمرات الكربوهيدرات، وهي الغلوكانات عالية الوزن الجزيئي حيث تلتصق الجراثيم المنتجة للحمض وتنتج الغلوكونات من المكورات ايجابية الغرام، حيث يمكن أن تسبب تشكل اللويحة النخر بحيوانات التجربة الخالية من الجراثيم.

بالمرحلة الثانية يتشكيل الحمض العضوي بدرجة PH<5 بفعل النشاط الاستقلابي للجراثيم المحللة للسكريات الموجودة باللويحة، بالتالي نقص تمعدن الميناء السني المجاور وخاصة إذا طالت فترة الحموضة مع الميناء (Samaranayake. 2007).

عند استخدام البوليمير فيحدث أولا هو ادمصاص البروتين اللعابي من قبل سطح المادة وأثناء تشكل الفلم الحيوي تلتصق الخلايا الميكروبية وتتثبت، عندئذ تأخذ المستعمرات مكانها، بالمقابل يحدث رشح نحو خارج المادة من المونومير المتبقي. يعتمد إزالة اللويحة على التفريش التي تسبب حت وخدش في سطح المادة، بالإضافة الى اللسان والعضلات وتدفق اللعاب في إزالة نواتج هذه العملية (Montanaro et al. 2004)، الشكل 39.



الشكل 39 ميكانيك التصاق البكتريا على سطح البوليمير (Montanaro et al. 2004)

وجد Lee وزملاؤه ان وضع السلك التقويمي يخلقاً سطحاً جديد يسمح بتشكل وتراكم اللويحة، وبالتالي يزيد من مستوى الميكروبات في الحفرة الفموية وخاصة ارتفاع مستوى الجراثيم العقدية (الطافرة) مقارنةً مع المرضى غير المعالجين تقويمياً (Lee et al. 2011).

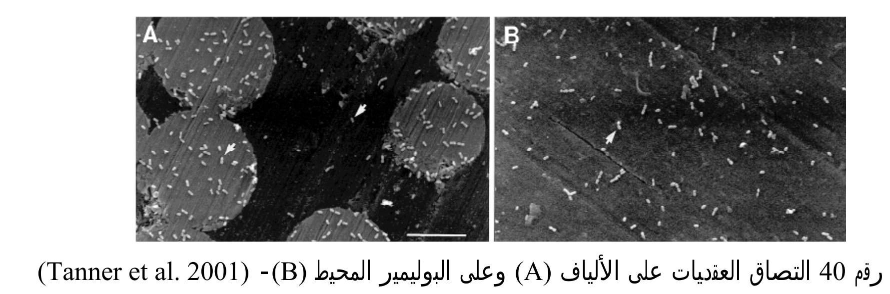
هذا بالإضافة إلى نـوع مـادة السـلك المسـتخدم الـذي يتعلـق بخشـونتة وقدرتـه علـى امتصاص المـاء (Tanner et al .2000). إمـا بشـكل مباشـر أو مـن خـلال ادمصـاص adsorption القشـيرة البروتينـة-pellicle proteins (Tanner et al. 2003) حيـث وجـد ان مادة البوليمير التي تحوي بداخلها ألياف زجاجية ورابط بينهمـا تتـأثر بالوسـط الفمـوي عن طريق تواجد المادة داخل وسط مائي وهو اللعـاب، يشـكل اللعـاب القشـيرة المكتسـبة حيث تعمل كمستقبل أساسـي receptor للميكروبـات الفمويـة وخاصـة فـي التصـاق S. *mutans* - (Tanner et al. 2003).

حيث وجدت بعـض الأبحـاث أن القشـيرة المكتسـبة تتشـكل علـى الأليـاف الزجاجيـة بالمقارنة مع المادة الرابطـة البوليميريـة المحيطيـة (Tanner et al. 2000). كمـا وجـد أن لعاب الغدة النكفية يحـوي مكـورات طفريـة وراصـات Agglutinins وعوامـل إلصـاق أكثر من لعاب الغدد تحت الفك او تحت اللسانية (Tanner et al. 2001).

بالمقابل وجد Montanaro وزملاؤه إن العقديات الطافرة تلتصق وتشكل المستعمرات في غياب البروتين اللعابي النوعي وبفترة 4 ساعات من غمر المادة بالبيئة الرطبة، بالتالي يؤكد على أن المواد السنية تؤثر بدرجة الاستعمار الجرثومي وبتشكل الفلم الحيوي أثناء الغمر الأولي في البيئة المائية، ولا تحتاج إلى بروتين لعابي للالتصاق بسطح المادة (Montanaro et al. 2004).

ويسبب امتصاص الماء تغير بالخصائص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت يسمح بالرشح Leach out للمونومير المتبقي مما يغير صفات سطح البوليمير المقوى بالألياف، يؤثر على تفاعله مع الميكروبات عن طريق التصاق البكتريا الأولي initial adhesion بعدة عوامل فيزيائية وكيمائية (Tanner et al. 2001) منها قوى Van der waals وقوى الكهرباء الساكنة بالإضافة الى التوتر السطحي للمادة فيماذا كانت المادة محبة للماء hydrophilic مما يزيد من التصاق المكورات الطافرة مما يسمح بزيادة المستعمرات الجرثومية وزيادة تشكل اللويحة وبوجود السكروز الذي يزيد نسبة الآفات البيضاء حول الأجهزة التقويمية الشكل 40.

(Tanner et al. 2001, Montanaro et al. 2004).



الشكل رقم 40 التصاق العقديات على الألياف (A) وعلى البوليمير المحيط (B)- (Tanner et al. 2001)

وجد Brambilla وزملاؤه ان نمو المستعمرات الجرثومية على سطح البوليمير يتعلق بزمن التصلب الضوئي وبالتالي درجة البلمرة التي تسبب تفاعل بين الكمبوزيت واللويحة السنية، بالتالي زيادة تطور الآفات النخرية (Brambilla et al. 2009).

بالمقابل أوعز Faltrmeier وزملاؤه زيادة التصاق العقديات وخاصة الطافرة الى خشونة المادة بالتالي لابد من إنهاء المادة بشكل أفضل عن طريق تلميعها او تغطيتها بمادة ذات نعومة أكثر بحيث لا تتجاوز الخشونة عتبة 0.1 ميكرومتر حتى لا تزيد كمية الجراثيم الملتصقة (Faltrmeier et al. 2008).

بينما عمل Tsibouklis وزملاؤه على جعل طاقة سطح المادة منخفضة من اجل تقليل امتصاص البوليمير للماء لمنع التصاق الجراثيم وذلك عن طريقة تغطية البوليمير بعدة مواد مثل: poly(methylpropenoxy fluoroalkylsiloxane)s او poly(perfluorooacrylate)s مما يسمح بالحصول على سطح انعم تقريبا اصغر من 6 نانومتر، بالتالي يمنع التصاق الجراثيم المسببة للنخر (Tsibouklis et al. 1999).

بينما نصح Tanner وزملاؤه لتحاشي الالتصاق بمعالجة السطح بمادة hydrated polyethylene oxide لإنقاص فعالية تراكم اللويحة (Tanner et al. 2000).

كذلك أشار Leung وزملاؤه إلى تراكم الجراثيم في الشقوق والفجوات مما يسمح بزيادة أماكن تواجدها وزيادة تراكمها، بالتالي زيادة النخور حولها، ترتبط حدوث هذه الشقوق بصلابة المادة ومتانتها تجاه الظروف الفموي (Leung et al. 2006).

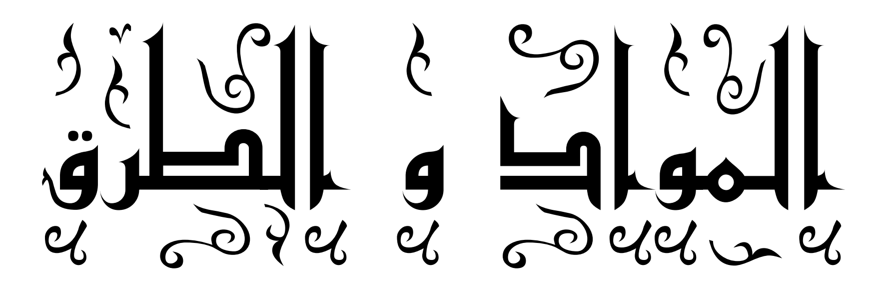
خاتمة:

تستخدم الأسلاك ضمن الحفرة الفموية لفترة زمنية محددة وفعالة في الوقت نفسه، لذلك لابد ان تكون متقبلة حيوياً وغير ضارة إضافة إلى تمتعها بخصائص ميكانيكية واحتكاكية تلبي الحاجة إلى استخدامها بالمعالجة التقويمية، وبالتالي يجب أن لا تتحطم ولا تنتج ردود فعل معاكسة نتيجة الاجهادات التي تتعرض لها ضمن البيئة الفموية. إن الظروف ضمن البيئة الفموية التي تتعرض

لها أي مادة كثيرة من حرارة ورطوبة وقوى ماضغة وحموضة أو قلوية للعاب بالإضافة إلى المشروبات الملونة المتناولة كذلك قدرتها على إلصاق أو عدمه للويحة، لذلك فان اختيار سلك من مادة شفافة لابد من تمتعه بصفات مطلوبة للاستخدام السريري وهو بدوره يعتمد على تركيب هذه المادة.

البحث مستمد فكرته من بعض مقترحات دراسة الأستاذ محمد ناصر صوان على أسلاك الكمبوزيت المقوى بالالياف التي أجريت في جامعة مانتشستر ومن خطة البحث العلمي لقسم تقويم الأسنان بجامعة دمشق، بالإضافة إلى وجود الأسلاك بشكل أقواس لأول مرة، قابلة للتطبيق بالفم مباشرة، إضافة إلى كون أسلاك الكومبوزيت المقوى بالألياف مؤلفة من مادة رابطة بوليميرية وألياف وعامل رابط بينهما. لذلك يجب ان تتمتع تلك الأسلاك بجمالية كافية وخصائص ميكانيكية جيدة مقارنةً مع الأسلاك المعدنية التقليدية وذات سطح أملس لتفادي الاحتكاك بالإضافة الى عدم حدوث تغير لوني بها وغير مؤهبة لالتصاق اللويحة نسبةً إلى ثمنها المرتفع إضافةً إلى عدم وجود بحوث علمية أصيلة تتناول أسلاك الكمبوزيت من جميع الجوانب وهذا ما دعا إلى إجراء هذا البحث.

الباب الثاني



Materials & Methods

المواد والطرق:

1- عينة البحث Study samples:

حدد حجم العينة باستخدام قانون حجم العينة **Sample Size**

$$SS=\frac{Z^2*\partial^2}{B^2}$$

حيث:SS: حجم العينة، Z: قيمة ثابتة لمستوى الثقة 95%، وتبلغ قيمتها 1.96

∂: الخطأ المعياري يعتمد من الدراسات السابقة.

B: مقدار الخطأ المسموح به = 1%.

حجم العينة حسب نوعية التجربة:

- بناء على الخطأ المعياري لمتغير معامل يونغ في دراسة Cacciafesta et-al 2008، كان حجم العينة لدراسة الخواص الميكانيكية 14لكل قطر، طبقت سواء على التجربة المخبرية والعينة نظير السريرية Ex vivo.
- بناء على الخطأ المعياري لمتغير الاحتكاك الساكن في دراسة Suwa et-al 2002، كان حجم العينة لدراسة الاحتكاك 15 لكل ثنائية، طبقت سواء على التجربة المخبرية والعينة نظير السريرية Ex vivo.
- بناء على الخطأ المعياري لمتغير التغير اللوني في دراسة Huang et al. 2005 كان حجم العينة لدراسة التبدل اللوني 15 لكل مجموعة، طبقت سواء على التجربة المخبرية والعينة نظير السريرية Ex vivo.
- فيما يخص التلوث الجرثومي، بسبب عدم وجود دراسة سابقة عن أسلاك البوليمير، كان حجم العينة هو عينة التوزع الطبيعي للدراسات الطبية حوالي 30 مريضاً والتأكد من تجاوز قوة العينة 80 % بعد انتهاء المعالجة الإحصائية.
- تبرع جميع المرضى المطبق عليهم السلك بالاشتراك بالتجربة بسبب شفافية وجمالية السلك بعد أن شُرح لهم عن السلك والهدف من التجربة ونوعية التجربة والفائدة من التجربة مع اخذ الموافقة الشفوية منهم، وهم مرضى قيد المعالجة التقويمية لأصناف مختلف من سوء الإطباق، حيث طبق السلك في نهاية مرحلة الرصف والتسوية الأولية وفي نهاية مرحلة الرصف النهائية لتخفيف الإجهاد الناتج عن اختلاف وضع الأسنان، قد استبعد مرضى إغلاق الفراغات خوفا من

تحطم الأسلاك أثناء التجربة.

- أضيف معاير إدخال خاصة بالصحة الفموية لمرضى تجربة التلوث الجرثومي والتغير اللوني (تذكر أثناء شرح التجربة).

2- المواد Materials :

2-1-الأسلاك المستخدمة:

استخدم نوعان من الأسلاك التجميلية من حيث مادة الصنع، الشكل 1:

1-420 سلك من أسلاك كومبوزيت مقوى بألياف الزجاجية FRC من شركة IOS بـ ثلاثة قياسات، تتكون تلك الأسلاك من بوليمير Ethoxylated Bisphenol A Dimethacrylate & Triethyleneglycol dimethacrylate، بالإضافة الى ألياف زجاجية ذات نسبة حجمية لألياف السلك لكل قطر fiber volume fraction: V_f بين 74-76% - الملحق الأول- الجدول رقم 1:

1) - 120 سلك كومبوزيت مقوى بالألياف الزجاجية دائري المقطع بقطر 0.014 أنش.

2) - 120 سلك كومبوزيت مقوى بالألياف الزجاجية دائري المقطع بقطر 0.016 أنش.

3) - 180 سلك كومبوزيت مقوى بالألياف الزجاجية دائري المقطع بقطر 0.018 أنش.

الشكل 1 الأسلاك المستخدمة من شركة IOS

2- 65 سلك من أسلاك نيكل تيتانيوم المطلية Coated Niti من شركة IOS بـ ثلاثة قياسات:

1) - 10 سلك نيكل تيتانيوم مطلي Coated Niti دائري المقطع بقطر 0.014 أنش.

2) - 10 سلك نيكل تيتانيوم مطلي Coated Niti دائري المقطع بقطر 0.016 أنش.

3) - 45 سلك نيكل تيتانيوم مطلي Coated Niti دائري المقطع بقطر 0.018 أنش.

2-2-الحاصرات المستخدمة: استخدم (300) حاصرة ناب تجميلية من نوعين مختلفين من حيث مادة الصنع:

1- 150 حاصرة كريستال Single crystalline Alumina ذات شق 0.018 أنش، بعرض انسي وحشي 3 مم، من شركة IOS.

2- 150 حاصرة خزفية Poly crystalline Alumina ذات شق 0.018 أنش، بعرض انسي وحشي 3.4 مم، من شركة IOS.

الربط: استخدم حلقات مطاط ربط طرية شفافة قياس 0.110 أنش -القطر الخارجي- من شركة IOS بالإضافة إلى استخدام (Ligature gun) من شركة TP لتركيب الحلقات المطاطية، الشكل 2.



الشكل 2 ملقط حلقات مطاطية (Ligature gun) من شركة TP

الأصبغة الطبيعية: استخدم قهوة النسكافية ماركة نسلة، شاي أحمر ماركة ليالينا، كولا ماركة ببسي، وغسول فموي يحوي كلور هيكسيدين ماركة هيكسا، ماء مقطر، وجميع هذه المشاريب متوافر بالسوق المحلية.











الشكل3 أنواع الملونات الطبيعية المستخدمة بتقييم التغير اللوني

كاميرا light–induced fluorescence camera موديل **(SOPRO LIFE)** من شركة Satilec لتصوير العينات، تتميز بحساسية عالية High Sensitive: CCD1/4، بزاوية رؤية 70° تمتلك Resolution: NTSC (768*494); PAL (752*582)، تضبط بأربع وضعيات خارج فموي

Extra-Oral، داخل فموي Intra Oral، حيوية Life، تكبير Macro، الشكل 4.



الشكل 4 كاميرا light–induced fluorescence camera (SOPRO LIFE) من شركة Satilec

ميزان الكتروني: ذو حساسة عالية تبلغ حوالي 0.0001 غ من شركة Sartorius لقياس اوزان الاسلاك، الشكل 5.



الشكل 5 ميزان الكتروني من شركة شركة Sartorius

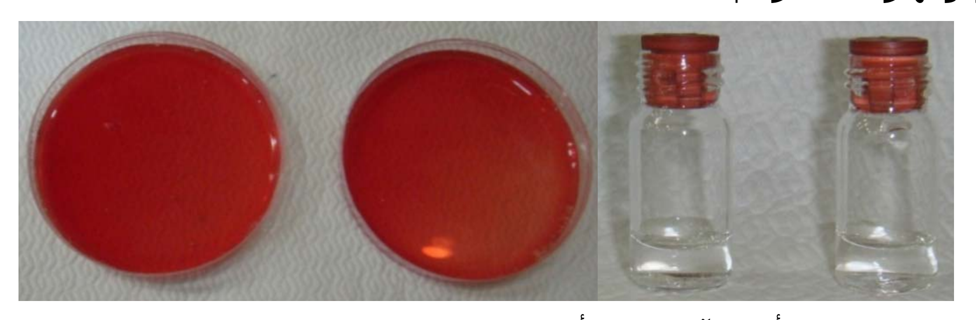
حاضنة

حاضنة حرارية للحفاظ عل درجة حرارة العينة ضمن شروط التجربة، الشكل 6.



الشكل 6 الحاضنة المستخدمة في حفظ العينات

مواد الزرع الجرثومي: مؤلفة من أطباق بتري من الآغار المدمى بالإضافة كواشف للتعرف على الجراثيم وجهاز لعد الجراثيم



الشكل7 أطباق الآغار المدمى وأنابيب المصل الفيزيولوجي المستعملة للزرع الجرثومي

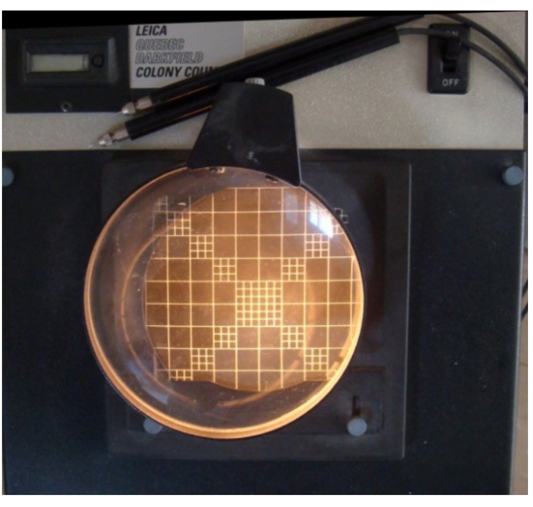






الشكل 8 الاختبارات المستخدمة للتعرف على الجراثيم.

(من اليمين الى اليسار: اختبار Catalase، Optachin، SXT)



الشكل 9 جهاز لعد الجراثيم

3- الطرائق:

قيمت فعالية أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية باستخدام أربع تقييمات على الشكل التالي:

3-1-التقييم الأول:

<u>الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية:</u> (تقييم مخبري ونظير سريري)

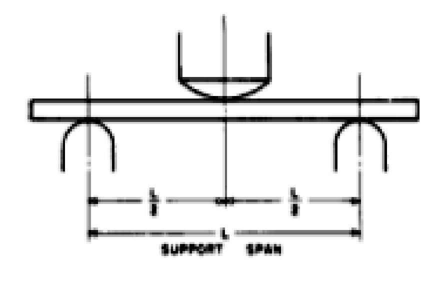
طبق اختبار الانحناء ثلاثي نقاط Three-point bending test لدراسة الخواص الميكانيكية لأسلاك الكومبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية وأسلاك النيكل تيتانيوم لتحديد المرونة والصلابة والارتدادية الإزاحة وقدرة التشوه دون انكسار.(waters et al. 1975).

استخدمت آلة الاختبارUniversal Testing Machine -(Testometric) موديل 350M ذات خلية تحميل Load cell قدرها 5 كيلو نيوتن بحساسية 0.01 نيوتن لدراسة الخواص الميكانيكية متوافرة في كلية الهندسة الميكانيكية بجامعة حلب، الشكل10.



الشكل 10 جهاز آلة الاختبارUniversal Testing Machine -(Testometric) موديل 350M

صممت عناصر التجربة وفق المواصفة القياسية العالمية (ASTM D 790 standard) -الملحق الأول- الشكل رقم 1 المخصصة لتطوير البوليمير المقوى بالألياف باختبار الانحناء ثلاثي النقاط Three-point bending test والذي يتألف من نقطتين تشكلان مسندين ثابتين (Fixture) Support pins ورأس متحرك adaptor يعتمد قطر تقوس نقاط الاختبار على حجم (القطر) السلك لتقليل من خطر القص الناتج عن زيادة تركيز الإجهاد في منطقة التطبيق (ASTM D 790 standard)- الشكل 11، بالاعتماد على ما ذكر يجرى اختبار الانحناء Flexural test & Recovery test لتقييم الخواص الميكانيكية:



الشكل 11 درجة تقوس رؤوس اختبار ثلاثي النقاط للحصول على الخواص الميكانيكية لأسلاك البوليمير حسب (ASTM D 790 standard).

3-1-1- *طرق اختبار المرونة Flexural test:* يستخدم الاختبار لدراسة مقاومة الانعطاف flexural strength وصلابة الانحناء bending stiffness ومعامل المرونة bending modulus على الشكل التالي:

1- طول العينة 32 مم ذو نهايات حرة free end وذلك حسب (ASTM D 790 standard) & (Gopal. 2003).

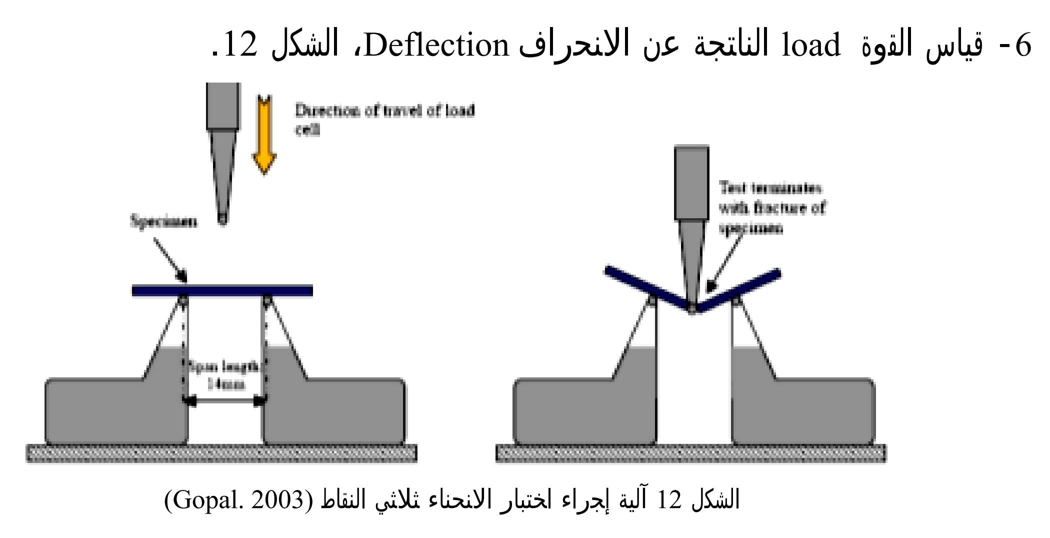
2- حجم العينة 14 سلك.

3- المسافة بين نقطتي الدعم 14 مم وهي توافق المسافة بين منتصف السطح الشفوي للضاحك الأول والرباعية للقوس السفلي حسب (Nakano et. A 1991).

4- يتحرك الجزء المتحرك Crosshead بسرعة 1 مم\د عند منتصف العينة (ASTM D 790 Standard) & (Cacciafesta et al. 2008) .

5-تستمر الحركة حتى انكسار العينة failed.

6- قياس القوة load الناتجة عن الانحراف Deflection، الشكل 12.



الشكل 12 آلية إجراء اختبار الانحناء ثلاثي النقاط (Gopal. 2003)

بعد انتهاء التجربة والحصول على القوة المطبقة ومقدار الانحراف الحاصل يمكن الحصول على

مقاومة الانعطاف flexural strength ومعامل المرونة flexural modulus وصلابة الانحناء Bending stiffness بالإضافة إلى النابضية Springback باستخدام العلاقات التحليلية التالية (ASTM D 790 standard):

- مقاومة الانعطاف Flexural strength: من خلال العلاقة: $\sigma_m = \frac{8Fl}{\pi d^3}$ وتقاس بـ Mpa حيث F: قوة الانحناء العظمى بالنيوتن، l: المسافة بين المسندين لاختبار الانحناء بالميليمتر، d: قطر السلك بالميليمتر.

- مقاومة حد الخضوع على الانعطاف Flexural yield strength: من خلال العلاقة $\sigma_y = \frac{8Fl}{\pi d^3}$ وتقاس بـ Mpa، حيث F: قوة الانحناء عند حد الخضوع، l: المسافة بين المسندين لاختبار الانحناء بالميليمتر، d: قطر السلك بالميليمتر.

- معامل المرونة على الانحناء Bending Modulus: من خلال العلاقة $E = \frac{4Fl^3}{3\pi d^4 y}$ وتقاس بـ Gpa حيث d: قطر السلك بالميليمتر، F: قوة الانحناء العظمى، y: الانحراف للقوة العظمى.

- صلابة الانحناء Bending stiffness (Rigidity): من خلال العلاقة $Rigidity = EI$ وتقاس $N.mm^2$، حيث E معامل المرونة، I عزم عطالة المقطع بالنسبة للانحناء من خلال العلاقة $I = \pi.d^4/64$ للمقطع الدائري وتقاس بـ m^4 ، حيث d قطر السلك بالميليمتر.

- النابضية Springback: من خلال العلاقة Ratio $Springback = Y/E$ حيث E معامل المرونة، Y حد الخضوع على الانعطاف (Yield Strength).

بالإضافة الى معرفة مقدار قوة الانحناء العظمى Ultimate Load (peak load)، الانحراف المقابل لقوة الانحناء العظمى الناتجة Ultimate Load deflection، مقدار الانحراف المقابل لنقطة الانهيار failure point deflection.



الشكل 13 التجربة المجراة للعينات للحصول على الخواص الميكانيكية.

3-1-2- <u>*طرق اختبار الاستعادة Recovery test:*</u>

يستخدم هذا الاختبار لمعرفة مقدار النابضية أو الارتدادية Springback للسلك أو قدرة السلك على امتصاص الطاقة وفق مايلي:

1- طول العينة 32 مم ذو نهايات حرة free end.

2- حجم العينة 14 سلك.

3- المسافة بين نقطتي الدعم 14 مم وهي توافق المسافة بين منتصف السطح الشفوي للضاحك الأول والرباعية للقوس السفلي حسب (Nakano et al. 1999).

4- يتحرك الجزء المتحرك Crosshead بسرعة 1 مم\د عند منتصف العينة (Cacciafesta et al. 2008) حتى الوصول الى مسافة 2 مم.

5- يتم رفع الجزء المتحرك Crosshead بسرعة 1 مم\د وقياس القوة unload الناتجة عن الانحراف deflection. (Cacciafesta et al. 2008)

6- تستمر الحركة العكسية حتى تعود القوة إلى الصفر، الشكل 14.

الشكل 14 يظهر رسم تمثيلي لاختبار الاستعادة.(Gopal. 2003)

3-1-1-1-التجربة المخبرية الأولى *In-vitro Experiment*: هدف التجربة هو دراسة الخواص الميكانيكية لأسلاك النيكل تيتانيوم المطلية Coated Niti بوسط جاف لعدة أقطار للأسلاك 0.014، 0.016، 0.018 أنش مستخدمين الجهاز نفسه والسرعة في التجربة الأولى.

أجري اختبار الانحناء Flexural test & Recovery test لتقييم الخواص الميكانيكية بالشروط المذكورة نفسها على نفس الجهاز وسرعة الرأس المتحرك Jig وقطر نقاط الاستناد Support point بدرجة حرارة الغرفة 20°±2.

3-1-1-2-التجربة المخبرية الثانية *In-vitro Experiment* : هدف التجربة هو دراسة الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية بوسط جاف ولعدة أقطار

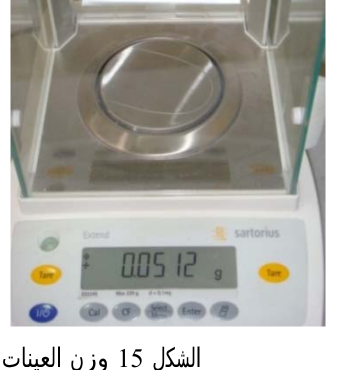
للأسلاك 0.014، 0.016، 0.018 انش، أجري اختبار الانحناء Recovery & Flexural test test لتقييم الخواص الميكانيكية بالشروط المذكورة نفسها من حيث نفس الجهاز وسرعة الرأس المتحرك Jig وقطر نقاط الاستناد Support point بدرجة حرارة الغرفة 20°±2.

3-1-1-3-التجربة المخبرية الثالثة *In-vitro Experiment* :

هدف التجربة هو دراسة تأثير البيئة الرطبة Wet environment على الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية ولعدة أقطار للأسلاك 0.014، 0.016، 0.018 انش.

أجريت التجربة بالاعتماد على المواصفة القياسية العالمية رقم ASTM F 1634 الخاص باختبار المواد PMC في البيئات المختلفة- الملحق الأول- الشكل رقم 2، حيث وزنت الأقواس بمختلف الأقطار وبعد ذلك غُمرت الأسلاك بالماء المقطر ووضعت بحاضنة بدرجة حرارة بين 35-37° درجة مئوية لمدة 744 ساعة (31 يوم) حسب (Moore et al. 1999)، وزنت الأسلاك كل 24 ساعة خلال 120 ساعة الأولى وبعد ذلك وزنت كل 96 ساعة حتى انتهاء المدة المحددة، الشكل 15.





الشكل 15 وزن العينات أثناء غمرها بالماء بدرجة حرارة 37 درجة.

أجري اختبار الانحناء Recovery test & Flexural test لتقييم الخواص الميكانيكية بالشروط المذكورة نفسها من الجهاز نفسه وسرعة الرأس المتحرك Jig وقطر نقاط الاستناد Support point بدرجة حرارة الغرفة 20°±2.

3-1-1-4-التجربة المخبرية الرابعة *In-vitro Experiment*: هدف التجربة هو دراسة تأثير الحرارة في الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية ولعدة أقطار للأسلاك 0.014، 0.016، 0.018 أنش.

استخدمت الدورة حرارية Thermal Circle لتقييم الأثر الحراري في الخواص الميكانيكية

للأسلاك، وذلك بغمر الأسلاك بماء مقطر درجة حرارته 55° لمدة 30 ثانية ثم فترة راحة لمدة 2 ثانية ثم غمرها بالماء المقطر درجة حرارته 5 درجات لمدة 30 ثانية و إعادة الدورة 500 مرة حسب (Meric et al. 2008)، الشكل 16.

الشكل 16 درجات الحرارة المستخدمة أثناء اختبار الدورة الحرارية.

أجري اختبار الانحناء ثلاثي النقاط Flexural test & Recovery test لتقييم الخواص الميكانيكية بالشروط المذكورة نفسها من الجهاز نفسه وسرعة الرأس المتحرك Jig وقطر نقاط الاستناد Support point بدرجة حرارة الغرفة 20°±2.

3-1-1-5-التجربة الخامسة نظير السريرية *Ex Vivo Experiment*: هدف التجربة هو دراسة تأثير ظروف الحفرة الفموية في الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية لعدة أقطار للأسلاك 0.014، 0.016، 0.018 أنش.

وضع 14 سلك لكل قطر من الأسلاك في فم المريض لمدة 30 يوم لتوافق فترة الرصف (بعد رصف الأسنان بشكل جيد لتخفيف الإجهاد الناتج عن اختلاف وضع الأسنان).

أزيلت الأسلاك من الفم بعد انتهاء المدة المحددة وأجري اختبار الانحناء Flexural test، Recovery test مباشرةً لتقييم الخواص الميكانيكية بنفس الشروط المذكورة نفسها من الجهاز نفسه وسرعة الرأس المتحرك Jig وقطر نقاط الاستناد Support point بدرجة حرارة الغرفة 20°±2.



الشكل 17 اختبار انحناء ثلاثي النقاط مع المخطط التابع له.



3-1-3- وثوقية التجربة ***Reliability of experimental:***

- *خطأ الطريقة Method error (Reproducibility)*

أعيد إجراء اختبار المرونة مرة ثانية لـ 15 % من مجموعة أسلاك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت (بالوسط الجاف) قياس 0.018 & 0.016 أنش (حوالي ثمانية أسلاك) بالشروط نفسها بدرجة حرارة 20°±2.

تم حساب خطأ الطريقة بين القراءتين للعينة لكل مجموعة على حدى باستخدام علاقة Dahlberg 1940: $S=\sqrt{(\frac{\sum D^2}{2N})}$ حيث *D*: الفرق بين القراءتين، *N*: عدد القراءات المعاد قياسها، بحيث لا تتجاوز القيمة الناتجة 1% من قيمة المتوسط لكل مجموعة (Lim et al. 1994).

3-1-4- الدراسة الإحصائية: ***Statistics Study:***

أدخلت جميع معطيات القياسات المختلفة إلى الحاسوب لإجراء الدراسة الإحصائية وأجريت الحسابات الإحصائية للبحث باستخدام برنامج SPSS 17 للحصول على المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية للقيم الناتجة عن الاختبارات.

درست الفروق بين نوعي الأسلاك لمختاف الأقطار بإجراء تحليل T student للعينات المستقلة عند مستوى دلالة (0.05) بعد التأكد من تجاوز قوة العينة 80%، ثم درست الفروق الإحصائية لسلك التجربة بين مختلف ظروف التجربة لمختاف الأقطار بإجراء تحليل التباين أحادي الاتجاه One Way ANOVA للعينات المستقلة للتعرف على التأثيرات الأساسية من خلال فحص الفروق في متوسطات عند مستوى دلالة (0.05).

أُجري الاختبار البعدي Sidak (تعديل لمعامل Bonferroni) لدراسة الفروق الثنائية بين المجموعات بحسب التجربة أو القطر لمعرفة تواجد الفروقات النوعية.

استعمل اختبار Chi Square - Odds ratios لدراسة النسب المئوية لتأثير ظروف التعرية من رطوبة والحرارة على سلك الكمبوزيت بالنسبة للحفرة الفموية.

استخدم طريقة متوسط النسبة المئوية المتجمعة Mean Cumulative percent method لدراسة النسبة المئوية للعوامل الخفية (غير المدروسة)، التي تؤثر في الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت غير الرطوبة والحرارة بالحفرة الفموية.

3-2-التقييم الثاني:

القوى الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية مع الحاصرات: (تقييم مخبري سريري).

يهدف التقييم لقياس قوى الاحتكاك بين أسلاك الكومبوزيت المقوى بالألياف أو أسلاك النيكل تيتانيوم المغاف لعدة أقطار (0.014، 0.016، 0.018) أنش ونوعين من الحاصرات التجميلية (حاصرات كريستال Single crystalline Alumina بعرض انسي وحشي 3 مم، حاصرات خزفية Poly crystalline Alumina بعرض انسي وحشي 3.4 مم).

استخدم لدراسة المقاومة الاحتكاكية آلة الاختبار Universal Testing Machine -(Testometric) موديل 350M المتوفر بكلية الهندسة الميكانيكية بجامعة حلب. وصممت عناصر التجربة لدراسة قوى الاحتكاك وفق طريقة (Loftus & Artun. 2001) على الشكل التالي:

غطى جذر ناب اكريلي بطول 27 مم - يماثل الطول الحقيقي للناب- بطبقة من الشمع الأحمر ثخانتها 0.3 مم ليماثل سماكة الرباط السني السنخي، بعد ذلك وضع الجذر ضمن قالب الكريلي حتى مستوى أقل 2.5 -3 مم من العنق التشريحي للناب ليماثل الحفرة السنخية، بعد ذلك نُزع الناب من مكانه واستعيض عن الشمع بمركب طبع مطاطي polyether impression material توافق مرونته مرونة الرباط السني السنخي (Soares et al. 2005)، يعاد وضع الناب بعد تطبيق المادة المطاطية، ويثبت القالب السنخي على قضيب معدني وهو بدوره مثبت بالجزء الثابت من الجهاز Universal Machine– الملحق الثاني- الشكل رقم 3. تلصق الحاصرة على الناب باستخدام لاصق تقويمي كيميائي من شركة IOS بحيث يوازي محور الحاصرة المحور الطولي للناب، الشكل 18

الشكل رقم 18 وضعية الحاصرة بالنسبة للمحور الطولي للناب.

يثبت رأس السلك ضمن قالب اكريلي بعرض 2 سم ليتم تثبيته ضمن محـزم لـرأس المتحـرك للجهاز Universal Machine كي لا ينهرس أثناء التثبيت، ويثبت الطرف الآخر من السلك ضمن قالب اكريلي بعرض 1سم ليتم وضع ثقل بوزن 0.5 نيوتن من أجل إبقاء السلك بحالة شاقولية

ومشدود نحو الأسفل حسب (Kamelchuk et al. 2003).

بعد استقرار شاقولية السلك والتأكد من مركزيته السلك في منتصف الحاصرة، بحيث يدخل السلك داخل الشق بشكل حيادي، الشكل 19. يربط السلك بالحاصرة باستخدام حلقات مطاط شفافة فقـط قياس 0.110 أنش (القطر الخارجي) بثخانة 0.75 مم لتوحيد القوة الناظمية Normal force مـن شركة IOS (Dowling et al. 1998).

الشكل 19 كيفية التأكد من مركزية السلك في الحاصرة

وضعت الحلقات المطاطية حول الحاصرات باستخدام Ligature gun للتأكد من تمطط الحلقات بشكل متساوي (Khambay et al. 2004)، تركت الحلقات مدة 3 دقائق بعد وضعها حول الحاصرات قبل البدء بالتجربة لتستعيد الحلقات مرونتها (Tecco et al. 2005)، الشكل 20.

الشكل رقم 20 تصميم التجربة لقياس المقاومة الاحتكاكية بشكل حيادي

3-2-1-كيفية إجراء قياس قوى الاحتكاك:

1-بعد تشغيل الجهاز، تُعطى قيمة الصفر لحساس قياس القوة بالضغط على زر إعادة الصفر.

2-تحدد سرعة الرأس المتحرك jig 1مم/دقيقة حسب (Zufall et al. 2000) وهو الذي يحمل السلك.

3-الحاصرة مثبتة على الناب وهو بدوره مثبت Fixture في الجزء الثابت لآلة الاختبار Universal Machine.

4-توضع قطرة من الماء الطبيعي على الحاصرة قبل ربط السلك وعند بدء كل جولة.

5-يزلق السلك مسافة 2 مم وتتوقف الحركة وتحفظ القيم.

6- يجرى 4 قياسات على السلك الواحد.

7-عدد العينة 15 سلك.

يجرى الاختبار على ثلاثة مراحل

المرحلة الأولى: زلق السلك بشكل حيادي Passive فقط، الشكل 20.

المرحلة الثانية: زلق السلك بشكل فعّال active بتعليق ثقل بوزن 0.5 نيوتن على خطاف الناب لتوافق قوة إرجاع، الشكل 21.

المرحلة الثالثة: زلق السلك بشكل فعّال active بتعليق ثقل بوزن 1 نيوتن على خطاف الناب لتوافق قوة إرجاع، الشكل 21.

شكل 21 قياس المقاومة الاحتكاكية بشكل فعّال active

8- تسجل قيم المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والحركية) لكل مرحلة باستخدام برنامج Software (Win Test) مزود للحاسب المرافق للجهاز.

9- يستخدم قالب اكريلي جديد (من حيث الناب والمادة المطاطية) وحاصرة جديدة لكل سلك جديد.

3-2-1-1-التجربة الأولى *In-vitro Experiment*:

هدف التجربة هو دراسة المقاومة الاحتكاكية في بيئة رطبة wet environment لأسلاك النيتنول المغلف مع نوعين من الحاصرات التجميلية (حاصرات كريستال، حاصرات خزفية قياس الشق 0.018 أنش).

شُكلت ثنائيات من الحاصرات والأسلاك لتختبر كل ثنائية (حاصرة- سلك) على الشكل التالي:

15- ثنائية من (حاصرة Poly crystalline Alumina/ سلك Niti مستدير قياس 0.014 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Poly crystalline Alumina/ سلك Niti مستدير قياس 0.016 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Poly crystalline Alumina/ سلك Niti مستدير قياس 0.018 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Single crystalline Alumina/ سلك Niti مستدير قياس 0.014 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Single crystalline Alumina/ سلك Niti مستدير قياس 0.016 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Single crystalline Alumina/ سلك Niti مستدير قياس 0.018 أنش).

سجلت المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والحركية) أربع جولات بشكل حيادي وبشكل فعال لكل سلك وحاصرة بالشروط المذكورة نفسها من الجهاز نفسه وسرعة الرأس المتحرك Jig بدرجة حرارة 2±20°.

3-2-1-2-التجربة الثانية *In-vitro Experiment* :

هدف التجربة هو دراسة المقاومة الاحتكاكية ببيئة رطبة wet environment لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية مع نوعين من الحاصرات التجميلية (حاصرات كريستال، حاصرات خزفية قياس الشق 0.018 أنش)، حيث غُمرت الأسلاك بالماء المقطر بدرجة حرارة بين 35-37° درجة مئوية لمدة 744 ساعة (31 يوم) (Moore et al. 1999). بعد ذلك شُكلت ثنائيات من الحاصرات والأسلاك لتختبر كل ثنائية (حاصرة-سلك) على الشكل التالي:

-15 ثنائية من (حاصرة Poly crystalline Alumina/ سلك FRC مستدير قياس 0.014 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Poly crystalline Alumina/ سلك FRC مستدير قياس 0.016 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Poly crystalline Alumina/ سلك FRC مستدير قياس 0.018 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Single crystalline Alumina/ سلك FRC مستدير قياس 0.014 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Single crystalline Alumina/ سلك FRC مستدير قياس 0.016 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Single crystalline Alumina/ سلك FRC مستدير قياس 0.018 أنش).

سجلت المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والحركية) أربع جولات بشكل حيادي وبشكل فعال لكل سلك وحاصرة بالشروط المذكورة نفسها من الجهاز نفسه وسرعة الرأس المتحرك Jig ودرجة حرارة الغرفة.

3-2-1-3-التجربة نظير السريرية *Ex Vivo Experiment* :

هدف التجربة هو دراسة المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية المهترئة الناتجة عن تأثير البيئة الفموية مع نوعين من الحاصرات التجميلية (حاصرات كريستال،

حاصرات خزفية).

وضعت الأسلاك بالفم لفترة 30 يوماً توافق مدة الرصف للأسلاك (بعد رصف الأسنان بشكل جيد لتخفيف الإجهاد الناتج عن اختلاف وضع الأسنان)، بعد ذلك شُكلت ثنائيات من الأسلاك الموضوعة داخل الفم والحاصرات لتختبر كل ثنائية (حاصرة- سلك) على الشكل الأتي:

-15 ثنائية من (حاصرة Poly crystalline Alumina/ سلك FRC فموي قياس 0.014 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Poly crystalline Alumina/ سلك FRC فموي قياس 0.016 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Poly crystalline Alumina / سلك FRC فموي قياس 0.018 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Single crystalline Alumina/ سلك FRC فموي قياس 0.014 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Single crystalline Alumina/ سلك FRC فموي قياس 0.016 أنش).

-15 ثنائية من (حاصرة Single crystalline Alumina/ سلك FRC فموي قياس 0.18 أنش).

ُسجلت المقاومة الاحتكاكية أربع جولات بشكل حيادي وبشكل فعال لكل سلك وحاصرة بالشروط المذكورة نفسها من الجهاز نفسه وسرعة الرأس المتحرك Jig ودرجة حرارة $20^{\circ}\pm2$.

3-2-2- وثوقية التجربة Reliability of experimental:

خطأ الطريقة Method error (Reproducibility)

أعيد إجراء قياس المقاومة الاحتكاكية مرة ثانية لـ 15 % من أسلاك جديدة من النيكل تيتانيوم والكمبوزيت قياس 0.016 أنش مع نوعي الحاصرة (حوالي ثمانية أسلاك) بالشروط ودرجة الحرارة نفسها. تم حساب خطأ الطريقة بين القراءتين للعينة باستخدام علاقة Dahlberg، بحيث لا يتجاوز القيمة 10% من متوسط المقاومة الاحتكاكية حسب (Loftus & Artun. 2001).

3-2-3- الدراسة الإحصائية: Statistics Study:

أدخلت جميع معطيات القياسات المختلفة إلى الحاسوب لإجراء الدراسة الإحصائية وأجريت الحسابات الإحصائية للبحث باستخدام برنامج SPSS 17 للحصول على المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية للقيم الناتجة عن الاختبارات.

درست الفروق الإحصائية بين مختلف ظروف التجربة لمختلف الأقطار والتجارب بإجراء تحليل التباين أحادي الاتجاه One Way ANOVA للعينات المستقلة للتعرف على التأثيرات الأساسية من خلال فحص الفروق في متوسطات عند مستوى دلالة (0.05). بعد التأكد من تجاوز قوة العينة 80%. أجري الاختبار Sidak (تعديل لمعامل Bonferroni) لمعرفة تواجد الفروقات النوعية.

درست الفروق بين مراحل الاحتكاك الحيادي والفعال لمختلف الأقطار بإجراء تحليل Paired Samples T test للعينات المرتبطة عند مستوى دلالة (0.05).

3-3- التقييم الثالث:

التغيير اللوني لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية: (تقييم مخبري وسريري)

هدف التقييم هو دراسة التبدل اللوني لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية الناتج عن الملونات الطعامية على الشكل التالي:

عند بدء التجربة يتم تصوير العينة باستخدام light–induced fluorescence camera على خلفية بيضاء ضمن شروط إضاءة موحدة باستخدام رأس مطاطي بشكل قمع مزود لرأس الكاميرا يمنع تأثير الإضاءة الخارجية، وبالتالي يشكل رأس الكاميرا زاوية 90° مع العينة (Wee et al. 2006b)مع استخدام خيار LIFE المزود للكاميرا، الشكل 22.







الشكل 22 تصوير العينة على خلفية بيضاء باستخدام الكاميرا light–induced fluorescence camera مع الرأس المطاطي لمنع تأثير الإضاءة الجانبية

أُجري التصوير لمنطقتين مختلفتين من العينة -من قبل الباحث نفسه- لأخذ متوسط اللون للعينة، بعد ذلك غمرت العينة بالماء المقطر لمدة 24 ساعة بدرجة 35-37° درجة مئوية وأعيد تصوير

العينة بالشروط السابقة نفسها وأخذ اللون مرة ثانية وثبت اللون الأساسي E1 باستخدام برنامج [Software] (Russell et al. 2000).

توضع العينات ضمن البيئة الملونة وبعد انقضاء الفترة المحددة يعاد تصويرها بالكاميرا نفسها، يثبت اللون الجديد E2، باستخدام برنامج [Adobe Photoshop CS5 ver.12] (Bengel. 2003) يحتوى على نظام CIE LAB الذي يعتمد قياسات ثلاثية الأبعاد لتحديد اللون.

(Wee et al. 2006b،Corekci et al. 2010 ،Karamouzos et al. 2010)

يستخدم نظام CIE LAB قياسات ثلاثية الأبعاد لتعريف اللون حيث يعبر قياس *L عن الإضاءة مشابه لقيم نظام Munsell system، ويعبر قياس *a على قيم (الأحمر/الأخضر)، ويعبر قياس *b على قيم (الأصفر/الأزرق). تعطي قيم *a & *b المعلومات نفسها عن العائلة اللونية Hue والكثافة اللونية (الإشباع) Chroma في نظام Munsell system (CIE. 1971) -الملحق الثالث- الشكل رقم 7.

3-3-1-كيفية قياس التغير اللوني:

1-بعد تشغيل البرنامج Adobe Photoshop CS5 يتم استيراد الصورة المراد تحليل لونها.

2-تحول المساحة اللونية من نظام RGB إلى Lab وذلك من أجل الحصول على قيم **L*a*b***.

3-تضبط الإضاءة لجميع الصور على الدرجة 54 (Bengel. 2003).

4-تحدد المنطقة المراد قياسها.

5- نحصل على قيم L a b بشكل منفرد لكل قيمة من المخطط البياني في البرنامج.

6- يعاد قراءة قيم L a b لمنطقتين من العينة وأخذ المتوسط لكل عينة.

7- تحول قيم *L*a*b الخاصة بنظام (Munsell) إلى نظام CIE ببرنامج Photoshop على الشكل التالي:

$$\mathbf{L^*} = L \times 100/255$$

$$\mathbf{a^*} = (a-128) \times 240/255 \ .$$

$$\mathbf{b^*} = (b-128) \times 240/255 \ .$$

وذلك لان مجال الإضاءة بنظام Photoshop من0 الى255 بينما مجال الإضاءة بنظام CIE من 0 الى100، كذلك مجال الألوان (الأحمر والأصفر والأخضر والأزرق) بنظام CIE من +120 الى -120. (Bengel. 2003).

8- تحسب قيم التغير اللوني ΔE قبل وبعد وضع العينات في الملون باستخدام العلاقة التالية:

$$.\Delta E^{*}=[(\Delta L^{*})^{2}+(\Delta A^{*})^{2}+(\Delta B^{*})^{2}]^{1/2}$$

حيث $\Delta L^{*} = l_{1*}-l_{2*}$, $\Delta A^{*} = a_{1*}-a_{2*}$, $\Delta B^{*} = b_{1*}-b_{2}$,

L* تشير إلى الإضاءة (البياض)

A* تشير إلى الاصفرار (أصفر _ أزرق)

B* تشير إلى الاحمرار (أحمر– أخضر)

(CIE. 1971)، (Wee et al. 2006a)، (Karamouzos et al. 2010)، (Corekci et al. 2010) مع العلم إذا كانت قيمة ΔE^{*} أصغر من 1 فالتغير غير مرئي Invisible، إذا كانت قيمة ΔE^{*} بين 1 و 3.7 فالتغير مرئي Visible ومقبول سريرياً clinically acceptable، إذا كانت قيمة ΔE^{*} اكبر من 3.7 فالتغير مرئيVisible ولكن غير مقبول سريرياً clinically unacceptable (Kuehni et al. 1979)،(Johnston & Kao. 1989).

3-3-1-1-*التجربة المخبرية* الأولى *In-vitro Experiment*:

غُمر 15 سلك كمبوزيت مقوى بالألياف الزجاجية قياس 0.018 أنش بالماء المقطر بدرجة حرارة 35-37° درجة مئوية لمدة 31 يوم حسب (Moore et al. 1999)، مع تغيير الماء المقطر كل أسبوع (Stober et al. 2001)، تم قياس التغير اللوني بعد 8، 20 يوماً وعند انتهاء المدة.

3-3-1-2-*التجربة المخبرية الثانية* *In-vitro Experiment* :

غُمر 15 سلك كمبوزيت مقوى بالألياف الزجاجية قياس 0.018 انش بالملون الطبيعي مدة 48 ساعة، الشكل 23.

الملون الطبيعي الأول هو القهوة: حضرت القهوة حسب تعليمات الشركة المنتجة وذلك بوضع 2 غ من القهوة الجاهزة لوعاء ماء ساخن سعة 150 مل مع التحريك، وبعد التبريد لدرجة 58 درجة وضعت العينات ضمن القهوة.

الملون الطبيعي الثاني هو الشاي: حضر الشاي حسب تعليمات الشركة المنتجة وذلك بوضع ظرف بوزن 2 غ لكأس ماء ساخن سعة 150 مل لمدة 5 دقائق، وبعد التبريد لدرجة 58 درجة وضعت العينات ضمن الشاي.

الملون الطبيعي الثالث هو الكولا: يستعمل منتج جاهز بالأسواق بدرجة حرارة 7° .

الملون الرابع مضامض الكلور هيكسيدين: يستعمل منتج جاهز بالأسواق تركيز 0.2 %



الشكل 23 الملونات الطبيعية المستخدمة بالتجربة – من اليمين إلى اليسار: نسكافية ، شاي، كلور هيكسيدين، كولا.

عرضت العينات لدورة حرارية Thermal Circle على الشكل التالي: غمرت الأسلاك بالماء المقطر درجة حرارته 55° لمدة 30 ثانية، بعد ذلك فترة راحة لمدة 2 ثانية ثم إعادة غمرها بالماء المقطر درجة حرارته 5 درجات لمدة 30 ثانية (Meric et al. 2008) وإعادة الدورة 500 دورة، بعد الانتهاء من تطبيق 500 دورة، يعاد وضع الأسلاك مرة ثانية بملون طبيعي جديد مدة 24 ساعة أخرى. بعد ذلك تغسل العينة بالماء المقطر لمدة دقيقتين وتنشف بمحارم ورقية، ثم توضع العينة على خلفية بيضاء، ويتم تصويرها بالشروط السابقةنفسها، ثم قياس التبدل اللوني ΔE^* الحاصل.

3-3-1-3-التجربة نظير السريرية *Ex Vivo Experiment* :

طبق 30 سلك كمبوزيت مقوى بالألياف الزجاجية قياس 0.018 أنش في فم 15 مريض لمدة 30 يوماً مدة بقاء سلك الرصف، الشكل 24 – الملحق الثالث- الشكل رقم 5، ممن تتوافر لديهم الشروط التالية:

1- غير مدخنين لإزالة عامل تصبغ النيكوتين على بعض العينات.

2- ذو صحة فموية جيدة.

3- عدم تناول أي شراب دوائي ملون خلال فترة وضع السلك بالفم.

أزيل السلك من الفم بعد انقضاء الفترة المحددة، تطبق الشروط نفسها في أخذ القيمة اللونية للسك وحساب التبدل اللوني ΔE^* الحاصل.



الشكل 24 وضع أسلاك الكمبوزيت داخل الفم لفحص التغير اللوني للأسلاك

3-3-2- وثوقية التجربة **Reliability of experimental:**

1- خطأ الطريقة Method error (Reproducibility)

غُمر 5 أسلاك مقوى بالألياف الزجاجية قياس 0.018 أنش بالماء المقطر بدرجة حرارة 35-37 درجة مئوية لمدة 31 يوماً، بعد انتهاء الفترة تم تصوير العينة لمنطقتين مختلفتين بالشروط السابقة نفسها، بعد ذلك أخذت القيم اللونية L*a*b* لمنطقتين من كل العينة، وحساب المتوسط النهائي للقيم اللونية. تم حساب خطأ الطريقة بين القراءتين لعينة التغير اللوني باستخدام علاقة Dahlberg. بحيث لا يتجاوز القيمة 1 حسب تصنيف (Johnston & Kao. 1989)

2- وثوقية إعادة القياس *Repeatability:*

أعيد إجراء قياس التغير اللوني لـ 15% من كل مجموعة بالشروط نفسها مرة ثانية باستخدام برنامج Software (Adobe Photoshop CS5) - قد اختيرت بشكل عشوائي- أعيد إجراءها مرة ثالثة بالشروط نفسها بفاصل زمني أسبوعين، قورنت مع نتائج التغير اللوني للتجربة نفسها، واعتمد معامل Cronbach's Alpha لدراسة وثوقية إعادة القياس.

3-3-3- الدراسة الإحصائية **Statistics Study:**

أدخلت جميع معطيات القياسات المختلفة إلى الحاسوب لإجراء الدراسة الإحصائية وأجريت الحسابات الإحصائية للبحث باستخدام برنامج SPSS 17 للحصول على المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية للقيم الناتجة عن الاختبارات.

درست الفروق الإحصائية بين التجارب المخبرية بإجراء اختبار T student للعينات المستقلة (التغير اللوني بين التجارب) لمعرفة الفروق بين المتوسطات عند مستوى دلالة (0.05) بعد التأكد من تجاوز قوة العينة 80%.

كما درست الفروق الإحصائية للتغير اللوني بإجراء اختبار T student (paired) للعينات المرتبطة (التغير اللوني ضمن الماء المقطر مع الزمن) لمعرفة الفروق بين المتوسطات عند مستوى دلالة (0.05).

أجري اختبار T للعينة الواحد (*One Sample T test*) لمقارنة الفرق النوعي لمتوسط التغير اللوني لمختلف التجارب مع عتبة اللون المرئية وغير المقبولة سريرياً Visible, clinically unacceptable (ΔE= 3.7) (Johnston & Kao. 1989).

أجري الاختبار البعدي (Waller-Duncan) (الخاص بالنسب المئوية) لمقارنة تأثير نسب التغير اللوني للملونات المستخدمة بالتجربة على التغير اللوني الحاصل في فم المريض.

استخدم طريقة متوسط النسبة المئوية المتجمعة Mean Cumulative percent method لدراسة النسبة المئوية للعوامل الخفية (غير المدروسة)، التي تؤثر في التغير اللوني لأسلاك الكمبوزيت بفم المريض غير الملونات الطعامية المختبرة .

3-4-التقييم الرابع:

<u>قابلية التلوث الجرثومي لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية</u>:(تقييم سريري)

هدف التجربة دراسة التعداد الجرثومي المتشكل على أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية بالمقارنة مع الأسلاك المعدنية من خلال الزرع الجرثومي على المستنبتات الجرثومية على الشكل التالي:

3-4-1- صفات العينة التي طبقت عليها الأسلاك:

- عدم وجود أي نخر بدئي أو متقدم.
- ذو صحة فموية جيدة بحيث كان مشعر النزف *bleeding index*=0 (لثة سليمة)، *plaque index*=1 (لويحة غيرمرئية) - الملحق الرابع- الجدول رقم 8.
- عدم تناول أي شراب دوائي (مضاد انتان) خلال فترة وضع السلك بالفم لمنع تأثيرها في المستعمرات المتشكلة.
- جميع المرضى لديهم تنفس أنفي طبيعي لمنع تأثير زيادة التصاق اللويحة على الأسنان.

كان متوسط عمر المرضى المطبق عليهم السلك حوالي 19±2 سنة، ومتوسط فترة المعالجة للمرضى عند بدء تطبيق سلك الكمبوزيت 12±5 شهر وذلك لان جميع المرضى هم متبرعين، وقيد معالجة تقويمية فعالة لسوء إطباق، تم مراقبة المرضى مدة شهر فقط.

قسمت الى مجموعتين

المجموعة الأولى: طبق 30 سلك كمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية قياس 0.018 أنش بفم المريض لمدة 30 يوماً.

المجموعة الثانية: طبق 30 سلك نيكل تيتانيوم مطلي قياس 0.018 أنش في فم المريض لمدة 30 يوماً.

وضع سلك الكمبوزيت وسلك النيكل تيتانيوم التجميلي للمريض نفسه علوي وسفلي بالتناوب العشوائي لبقية عناصر العينة، الشكل 25.



الشكل 25 الأسلاك المطبقة بالفم لدراسة التلوث الجرثومي

3-4-2-كيفية إجراء الزرع الجرثومي لسلك الكمبوزيت

عند انتهاء المدة أزيلت الأسلاك وزرعت في المستنبت الجرثومي على الشكل التالي:

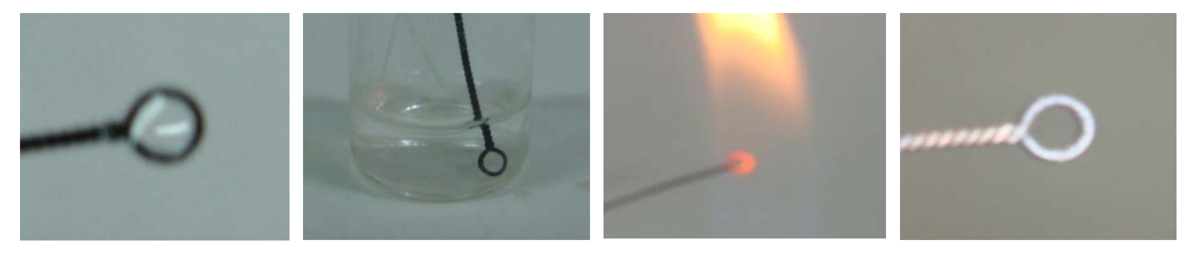
1- نزع السلك بأدوات عقيمة ثم قص منه قطعة بطول 78 مم.

2- وضعت القطعة بأنبوب اختبار عقيم يحوي 1 مل مصل فيزيولوجي معقم (محول كلور الصوديوم 0.9%) لمدة نصف ساعة للحصول على المعلق الجرثومي (Samaranayake. 2007)، الشكل 26.



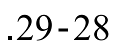
الشكل 26 وضع العينة بالمصل الفيزيولوجي للحصول على المعلق الجرثومي

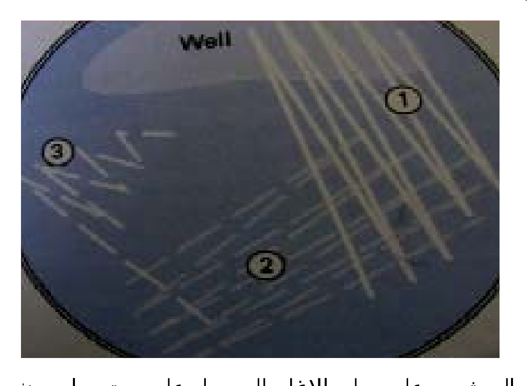
3- استخدمت عروة معدنية loop قياس 5 µL لنقل المعلق الجرثومي وذلك بعد تلهيب العروة لتعقيمها، توضع العروة داخل الأنبوب بعد التبريد وينقل المعلق لفرشه على المستنبت الصلب، الشكل 27.



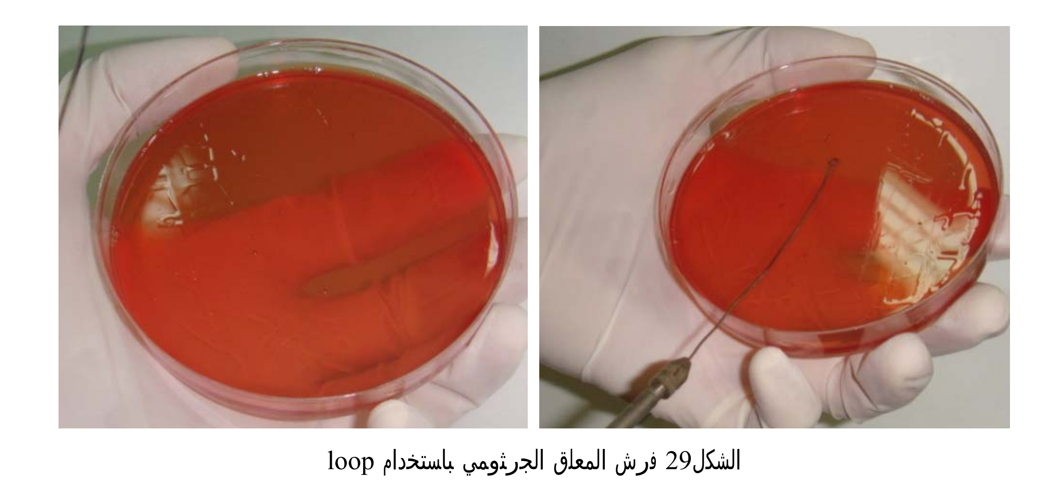
الشكل 27 تعقيم loop ونقل المعلق الجرثومي

4- يفرش المعلق الجرثومي المحمول بواسطة العروة في سطح الطبق البتري الحاوي على الآغار المدمى Blood Agar حيث تحرك العروة بالخطوات (1، 2، 3) حسب الطرق المتبعة بالزرع للحصول على مستعمرات منفصلة غير مترابطـة discrete colonies ونقيـة حسـب (Samaranayake. 2007)، الشكل 28-29.





الشكل 28 طريقة فرش المعلق الجرثومي على سطح الاغار للحصول على مستعمرات منفصلة حسب .Samaranayake) 2007)



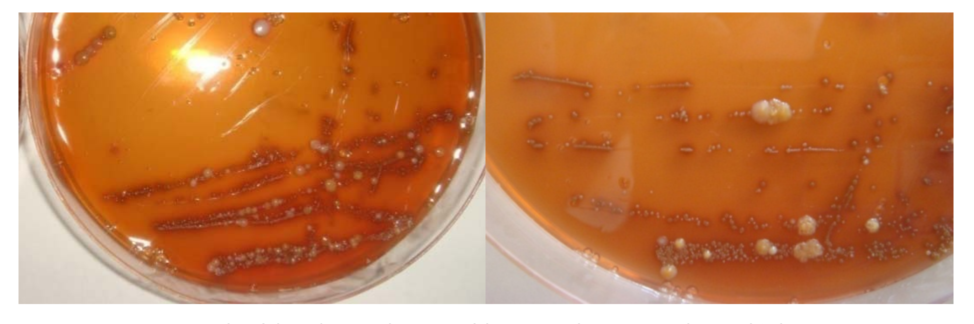
الشكل29 فرش المعلق الجرثومي باستخدام loop

5- وضعت الأطباق بالحاضنة بدرجة حرارة 37 درجة مئوية لمدة 48 ساعة، الشكل 30.



الشكل 30 وضع الأطباق في الحاضنة

6- بعد 48 ساعة تصبح الأطباق جاهزة للتمييز النوعي والكمي، الشكل 31.



الشكل 31 المستعمرات الجرثومية الناتجة بعد الزرع على اطباق البتري

3-4-3-التمييز النوعي للمستعمرات الجرثومية من خلال: -الملحق الرابع- الجدول 10-16.

1- الفحص العياني لشكل المستعمرات: اللون، الحجم، الارتفاع، حواف المستعمرة.

2- إجراء صبغة الغرام لتصنيف الجراثيم.

3- اختبار الكاتلاز Catalase للتمييز بين المكورات العنقودية Staphylococci الايجابية الاختبار والعقدية Streptococci السلبية الاختبار بين أشكال المستعمرات الموجودة على سطح الطبق.

4- تحديد نوعية انحلال الدم حول المستعمرة ونوعه (α، β، non) خاصة للمكورات العقدية.

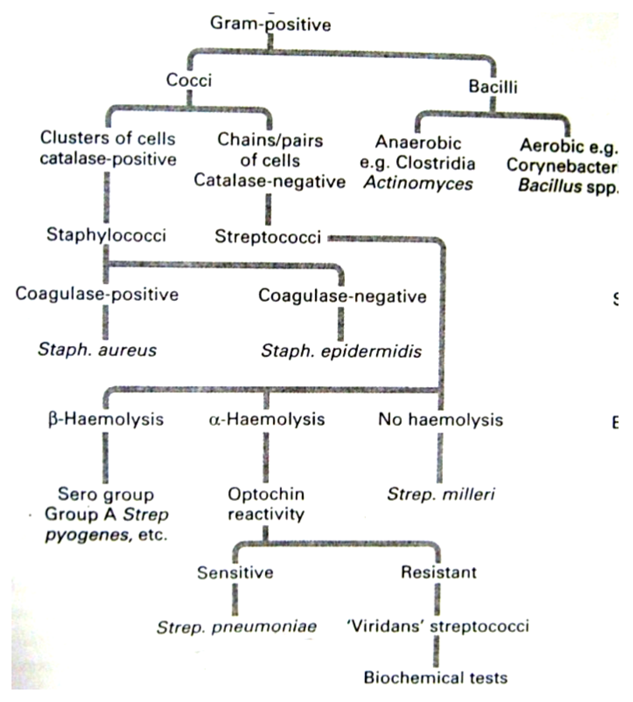
5- التحسس لاختبار الاوبتاشين Optachin (ethyl hydrocupreine hydrochloride) لتمييز بين المكورات العقدية المخضرة Strep. viridans المقاومة لهذا لاختبار (Resistance) والرئوية الحساسة Strep. Pneumonia لهذا لاختبار (Sensitive) بإجراء زرع ثانوي على طبق آخر تزرع به المكورات العقدية.

6-التحسس لاختبار SXT (Sulfa Methoxazol + Trimethoprime) لتمييز مجموعة المكورات العقدية المخضرة Strep.viridans الحساسة لهذا الاختبار (Sensitive) عن بقية مجموعات المكورات العقدية Streptococci الأخرى المقاومة لهذا لاختبار (Resistance) بإجراء زرع ثانوي على طبق آخر تزرع به المكورات العقدية، الشكل 32.

الشكل 32 اختبار التحسس (OPT،SXT) للتحديد نوعية المكورات العقدية.

7- مكان اخذ العينة.

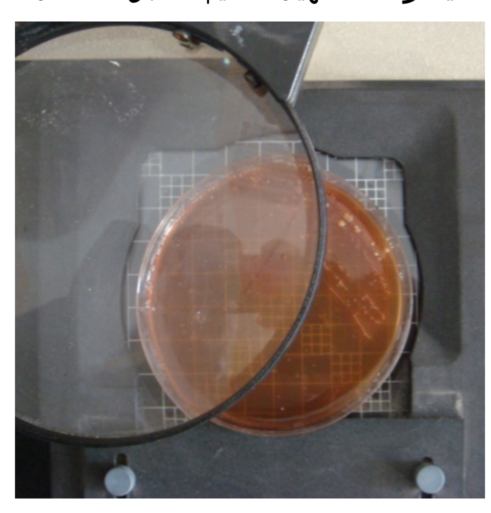
وفق المخطط التالي حسب (Samaranayake. 2007)، الشكل 33.



الشكل 33 مخطط اختبارات لمعرفة أنواع المستعمرات الناتجة حسب (Samaranayake. 2007).

3-4-4-التمييز الكمي للمستعمرات الجرثومية:

استخدم جهاز عد الجراثيم.Digital colony counter لعد المستعمرات الجرثومية المتشكلة، يحوي الجهاز في مكبرة وتقسيمات سنتيمترات لتسهيل تقسيم الطبق، الشكل35 -34.



الشكل 34 جهاز عد الجراثيم Digital colony counter

تم حساب التعداد الجرثومي المتشكل Colony forming units (CFU)/ mm2 باستخدام العلاقة التالية: عدد المستعمرات المتشكلة X عامل التمديد الأول (Dilution factor) X عامل التمديد للطبق (Dilution factor of plating).

عامل التمديد الأول (Dilution factor): تم حسابه بوضع ا سم^3 من العينة الى ا مل من المصل الفيزيولوجي للحصول على المعلق الجرثومي بالتالي عامل التمديد الأول يساوي 1.

1 سم^2= 100 ملم^2 = ($2\pi r$) X 78 ملم(طول السلاك)، حيث $d/2=r$ نصف قطر السلاك (0.205 مم)

عامل التمديد للطبق (Dilution factor of plating): استخدم loop قياس 5 µL ميكروليتر لزرع المعلق الجرثومي على الطبق البتري (حيث 1مل يساوي1000ميكروليتر)، بالتالي عامل التمديد الأول يساوي 200 بالتالي:

(CFU) Colony Forming Units= عدد المستعمرات المتشكلة 1 x 200 x.

3-4-5- وثوقية التجربة Reliability of experimental:

1- خطأ الطريقة Method error (Reproducibility):

أعيد زرع من المعلق الجرثومي نفسه لـ 6 أقواص من الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية و4 أقواص من النيكل تيتانيوم بعد اختيارهم عشوائيا في المستنبت الجرثومي، ثم عـدت المسـتعمرات الجرثومية الناتجة عنها لكل العينة.

تم حساب خطأ الطريقة بين القراءتين لعينة التغير اللوني باستخدام علاقـة Dahlberg، بحيـث لا يتجاوز الفرق 30 مزرعة حسب (Samaranayake. 2007)

2- *Repeatability:* أعيد عد المستعمرات الجرثومية لـ 5 أطباق بتري بفاصل ساعتين وحساب CFU، قورنت النتائج باعتماد معامل Cronbach's Alpha لدراسة وثوقية إعادة القياس.

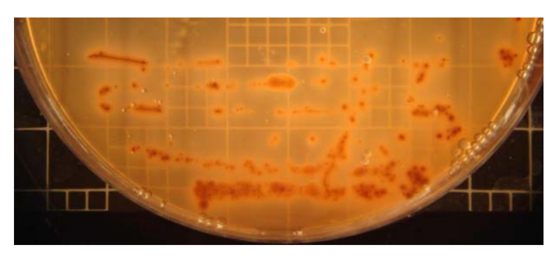
3-4-6-الدراسة الإحصائية: Statistics Study:

أدخلت جميع معطيات القياسات المختلفة إلى الحاسوب لإجراء الدراسة الإحصائية وأجريت الحسابات الإحصائية للبحث باستخدام برنامج SPSS 17 للحصول على المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية للقيم الناتجة عن الاختبارات.

درست الفروق الإحصائية بين التجارب المخبرية بإجراء اختبار T student للعينات المستقلة لمعرفة الفروق بين المتوسطات عند مستوى دلالة (0.05) بعد التأكد من تجاوز قوة العينة 80%.

درست الفروق الإحصائية بين الفكين بإجراء اختبار (paired) T student للعينات المرتبطة لمعرفة الفروق بين المتوسطات عند مستوى دلالة (0.05)

أجري الاختبار اختبار T للعينة الواحد (*One Sample T test*) لمقارنة الفرق النوعي لمتوسط تعداد جراثيم *Mutans* مع العتبة CFU/ml= 100000 [Low caries activity] (Samaranayake. 2007).



الشكل 35 عد المستعمرات الجرثومية المتشكلة على طبق الآغار باستخدام جهاز عد الجراثيم Digital colony counter

3-5-التقييم الإحصائي النهائي:

1- تم استعمال اختبار Odds ratios - Chi Square لدراسة الفرق النوعي بين النسب المئوية لحالات النجاح لسلك FRC على السلك المعدني بالاعتماد على المقارنات التالية:

- مقارنة الخواص الميكانيكية بين سلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت المطبق بفم المريض.
- مقارنة المقاومة الاحتكاكية بين سلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت المطبق بفم المريض لحاصرات الخزف.
- مقارنة المقاومة الاحتكاكية بين سلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت المطبق بفم المريض لحاصرات الكريستال.
- مقارنة التغير اللوني لأسلاك الكمبوزيت لليوم الأول بالماء المقطر والتغير اللوني الحاصل بفم المريض.
- مقارنة التعداد الجرثومي المتشكل بين سلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت المطبقين بفم المريض.

2- استخدمت الحزمة Minitab 15 في حساب قوة الاختبار لكل متغير بعد معرفة المتوسطات والفروق بينهما والخطأ المعياري للفرق والتأكد من تجاوز قوة العينة 80 %، في حال عدم تجاوز قوة 80% يتم إضافة عينة حتى الحصول على قوة عينة 80 %. أرفق مقدار قوة الاختبار ضمن جداول التحليل الإحصائي للاختبارات المستعملة.

الباب الثالث



Results

النتائج

التقييم الأول:

الخواص الميكانيكية للأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية:

❖ -*العينة :*

تراوح حجم العينة لهذا الاختبار حوالي 14 سلك وكلها تجاوز 80% من قوة العينة مرفقة بالجداول.

❖ -*خطأ الطريقة Method error (Reproducibility)*: تم حساب خطأ الطريقة بين القراءتين للعينة باستخدام علاقة Dahlberg يساوي 0.082 MPa لقطر 0.016 أنش و0.063 MPa للقطر 0.018 أنش.

❖ -نتائج اختبار الانحناء ثلاثي النقاط:

متغيرات الخواص الميكانيكية للأسلاك:

يبين الجدول رقم 1 متوسطات الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم باختبار الانحناء ثلاثي النقاط للقطر 0.014 أنش ولمختلف التجارب المطبقة.

الجدول 1 متوسطات الخواص الميكانيكية والانحراف المعياري للتجارب المجراة على الأسلاك بقطر 0.014						
	Experiment	السلك	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري
Flexural .Modulus (GPa)	Dry state	NITI	14	28.15	6.91	1.84
	Dry state	FRC	14	12.38	7.03	1.88
	Wet state		14	17.79	8.31	2.22
	Thermal state		14	15.741	7.69	2.05
	ex vivo		14	15.44	4.08	1.09
Flexural .Strength (MPa)	Dry state	NITI	14	102.22	29.27	7.82
	Dry state	FRC	14	104.60	49.90	13.33
	Wet state		14	108.76	64.34	17.19
	Thermal state		14	115.42	44.36	11.85
	ex vivo		14	89.38	26.94	7.20
Strength Yield (Mpa)	Dry state	NITI	14	107.17	26.69	7.13
	Dry state	FRC	14	32.09	13.22	3.53
	Wet state		14	27.77	13.22	3.53
	Thermal state		14	28.17	6.37	1.70
	ex vivo		14	25.77	13.22	3.53
Springback Ratio	Dry state	NITI	14	.0039	.0012	.0003
	Dry state	FRC	14	.0023	.00078	.0002
	Wet state		14	.0019	.00130	.0003

.0002	.00088	.0021	14		Thermal state	
.0004	.00160	.0019	14		ex vivo	
1.52	5.70	231.9	14	NITI	Dry state	Flexural Rigidity ($N.mm^2$)
1.54	5.79	102.0	14	FRC	Dry state	
1.83	6.85	146.6	14		Wet state	
1.69	6.33	129.7	14		Thermal state	
.90	3.36	127.2	14		ex vivo	
.047	.17	.614	14	NITI	Dry state	Ultimate load (N)
.08	.29	.628	14	FRC	Dry state	
.10	.38	.653	14		Wet state	
.07	.26	.693	14		Thermal state	
.04	.16	.537	14		ex vivo	
.12	.45	1.84	14	NITI	Dry state	Ultimate peak .deflection (mm)
.18	.70	3.46	14	FRC	Dry state	
.20	.74	3.15	14		Wet state	
.07	.29	3.14	14		Thermal state	
.17	.63	3.36	14		ex vivo	
.37	1.39	5.62	14	NITI	Dry state	Failerpoint. Deflection (mm)
.33	1.25	6.83	14	FRC	Dry state	
.68	2.58	7.00	14		Wet state	
.22	.842	7.07	14		Thermal state	
.25	.95	5.32	14		ex vivo	

يبين الجدول رقم 2 متوسطات الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم باختبار الانحناء ثلاثي النقاط للقطر 0.016 انش ولمختلف التجارب المطبقة.

الجدول 2 متوسطات الخواص الميكانيكية والانحراف المعياري للأسلاك بقطر 16

الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العدد	السلك	Experiment	
1.67	6.28	31.19	14	NITI	Dry state	Flexural .Modulus (GPa)
1.01	3.79	15.26	14	FRC	Dry state	
1.47	5.50	12.87	14		Wet state	
1.66	6.21	19.84	14		Thermal state	
1.17	4.39	15.14	14		ex vivo	
21.09	78.92	256.19	14	NITI	Dry state	Flexural .Strength (MPa)
15.27	57.15	170.32	14	FRC	Dry state	
15.80	59.13	190.87	14		Wet state	
28.53	106.75	282.00	14		Thermal state	
14.94	55.92	186.65	14		ex vivo	
6.30	23.57	135.33	14	NITI	Dry state	Strength Yield (MPa)
3.87	14.50	44.85	14	FRC	Dry state	
4.99	18.69	47.22	14		Wet state	
5.62	21.03	58.72	14		Thermal state	
7.40	27.69	98.63	14		ex vivo	

.0003	.0011	.0045	14	NITI	Dry state	Springback Ratio
.0003	.0013	.0037	14	FRC	Dry state	
.0003	.0012	.0039	14		Wet state	
.0002	.0007	.0030	14		Thermal state	
.0004	.0018	.00677	14		ex vivo	
2.21	8.29	411.7	14	NITI	Dry state	Flexural. Rigidity ($N.mm^2$)
1.33	5.01	196.4	14	FRC	Dry state	
1.94	7.26	169.9	14		Wet state	
2.19	8.20	261.9	14		Thermal state	
1.55	5.80	199.8	14		ex vivo	
.085	.32	1.04	14	NITI	Dry state	Ultimate .load(N)
.06	.23	.69	14	FRC	Dry state	
.06	.24	.77	14		Wet state	
.11	.43	1.14	14		Thermal state	
.06	.22	.75	14		ex vivo	
.13	.51	1.91	14	NITI	Dry state	Ultimate peak .deflection (mm)
.11	.43	2.65	14	FRC	Dry state	
.14	.52	2.81	14		Wet state	
.17	.63	3.17	14		Thermal state	
.18	.67	2.61	14		ex vivo	
.40	1.52	6.85	14	NITI	Dry state	Failer point Deflection (mm)
.21	.79	6.15	14	FRC	Dry state	
.40	1.53	5.94	14		Wet state	
.55	2.09	6.59	14		Thermal state	
.22	.85	4.21	14		ex vivo	

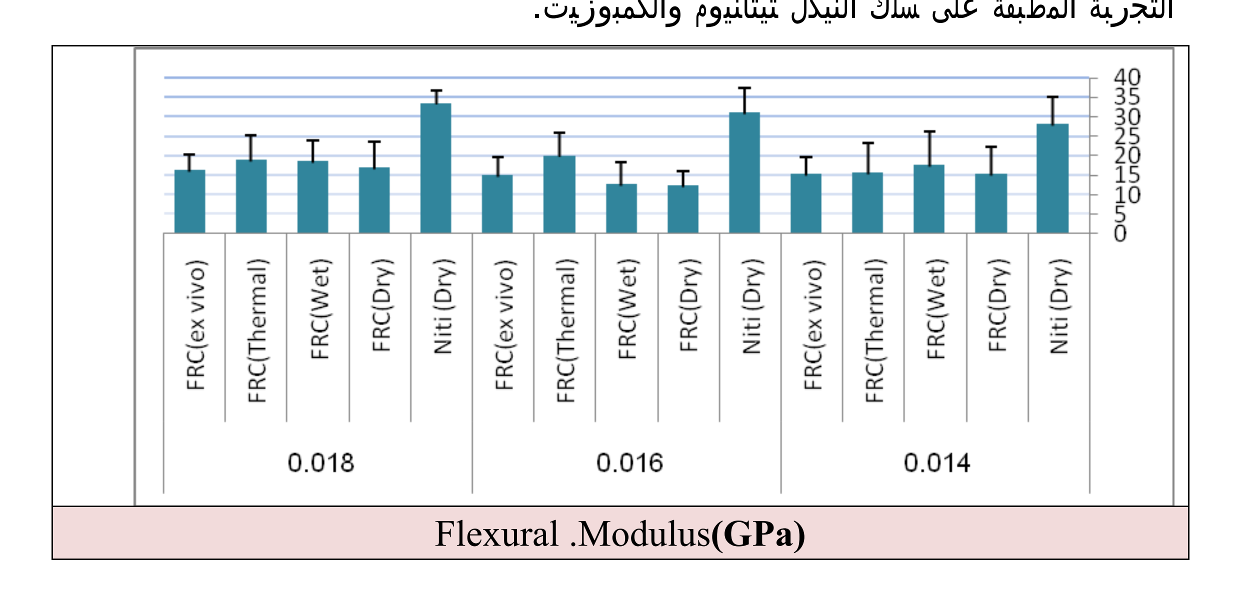
يبين الجدول رقم 3 متوسطات الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم باختبار الانحناء ثلاثي النقاط للقطر 0.018 أنش ولمختلف التجارب المطبقة.

الجدول 3 متوسطات الخواص الميكانيكية والانحراف المعياري للأسلاك بقطر 0.018

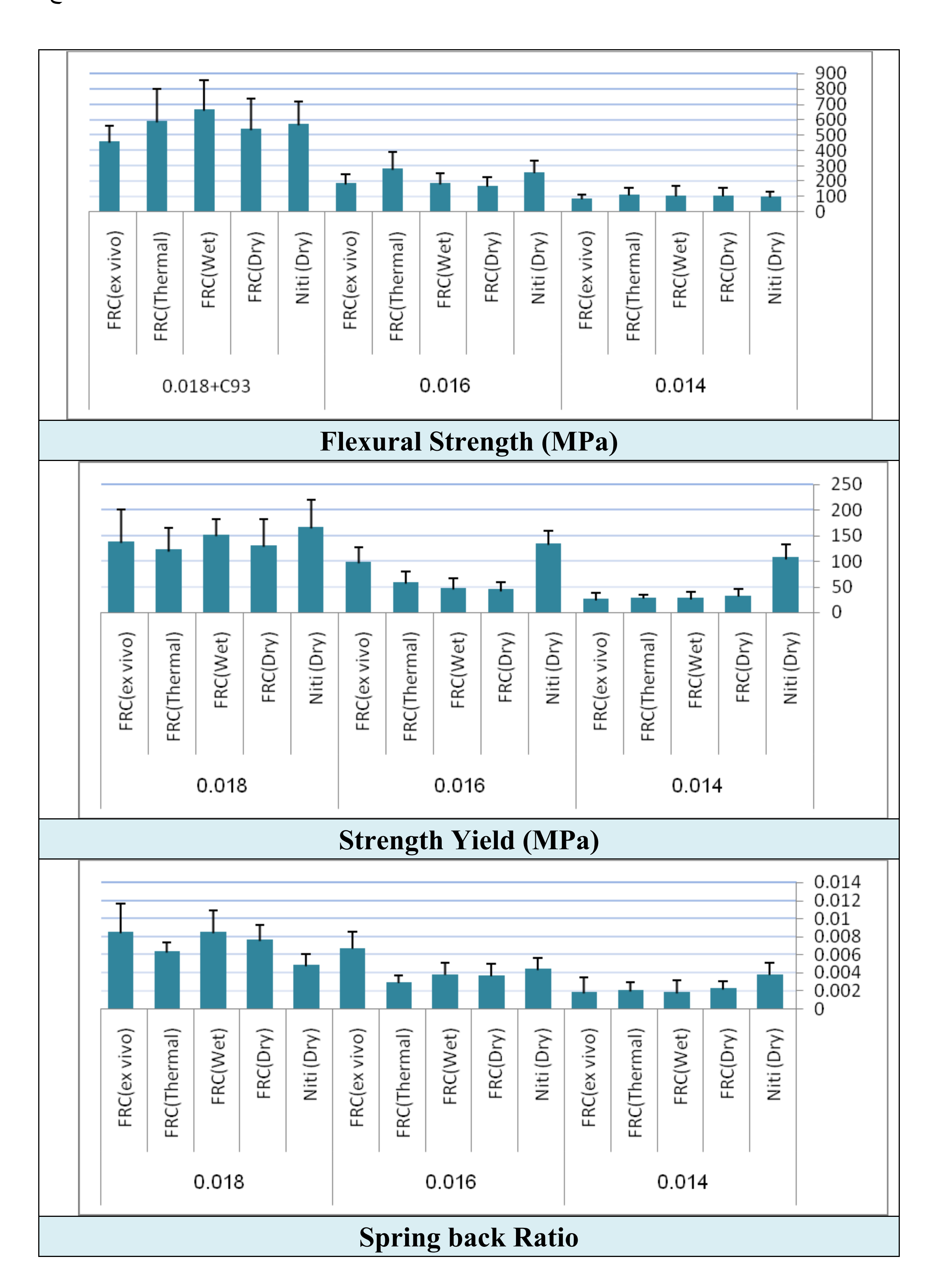
الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العدد	السلك	Experiment	
.89	3.34	33.35	14	NITI	Dry state	Flexural .Modulus (GPa)
1.76	6.59	17.05	14	FRC	Dry state	
1.37	5.13	18.70	14		Wet state	
1.64	6.17	18.96	14		Thermal state	
1.03	3.88	16.28	14		ex vivo	
39.89	149.28	571.36	14	NITI	Dry state	Flexural Strength (MPa)
52.20	195.33	541.36	14	FRC	Dry state	
50.39	188.56	668.33	14		Wet state	
56.29	210.62	589.96	14		Thermal state	
26.18	97.96	461.75	14		ex vivo	
14.18	53.08	166.89	14	NITI	Dry state	Strength
13.77	51.54	130.19	14	FRC	Dry state	

8.07	30.22	151.27	14		Wet state	Yield (MPa)
11.61	43.45	122.25	14		Thermal state	
16.79	62.84	137.91	14		ex vivo	
.0003	.0012	.0049	14	NITI	Dry state	Springback Ratio
.0004	.0016	.0077	14	FRC	Dry state	
.0006	.0024	.0085	14		Wet state	
.0002	.0010	.0064	14		Thermal state	
.0008	.0031	.0085	14		ex vivo	
1.96	7.35	732.7	14	NITI	Dry state	Flexural. Rigidity ($N.mm^2$)
3.87	14.49	374.6	14	FRC	Dry state	
3.01	11.27	410.8	14		Wet state	
3.62	13.55	416.6	14		Thermal state	
2.28	8.53	357.8	14		ex vivo	
.11	.429	1.64	14	NITI	Dry state	Ultimate .load(N)
.15	.562	1.55	14	FRC	Dry state	
.14	.543	1.92	14		Wet state	
.16	.606	1.69	14		Thermal state	
.07	.282	1.33	14		ex vivo	
.19	.74	2.41	14	NITI	Dry state	Ultimatepeak .deflection (mm)
.14	.54	3.24	14	FRC	Dry state	
.12	.45	3.19	14		Wet state	
.09	.35	3.03	14		Thermal state	
.17	.64	2.90	14		ex vivo	
.25	.95	7.10	14	NITI	Dry state	Failerpoint. Deflection (mm)
.29	1.09	6.49	14	FRC	Dry state	
.31	1.16	4.93	14		Wet state	
.24	.93	5.34	14		Thermal state	
.31	1.17	4.13	14		ex vivo	

يظهر الشكل رقم 1 توزع متغيرات الخواص الميكانيكية باختبار ثلاثي النقاط بمختلفة ظروف التجربة المطبقة على سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت.



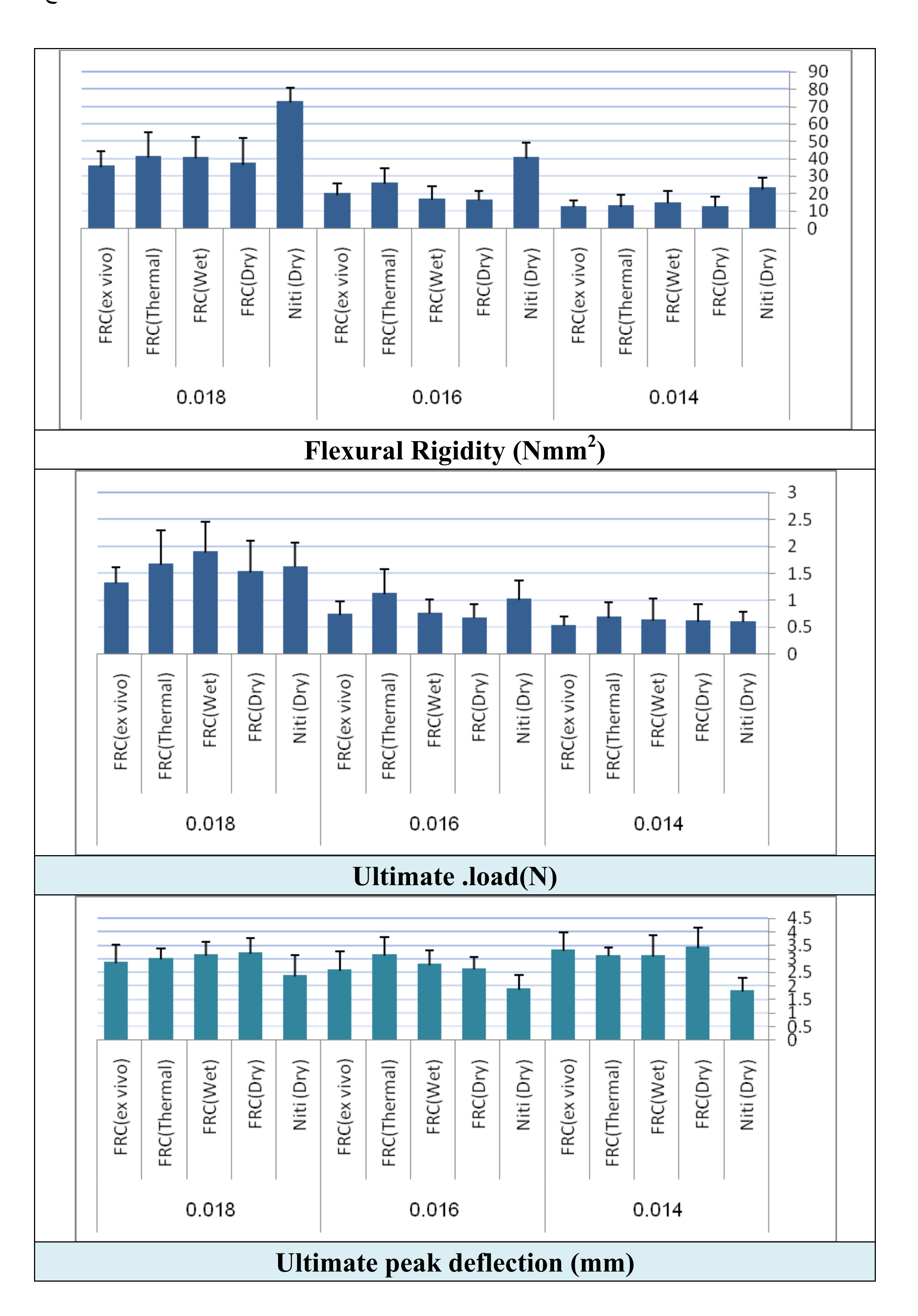
Flexural .Modulus**(GPa)**



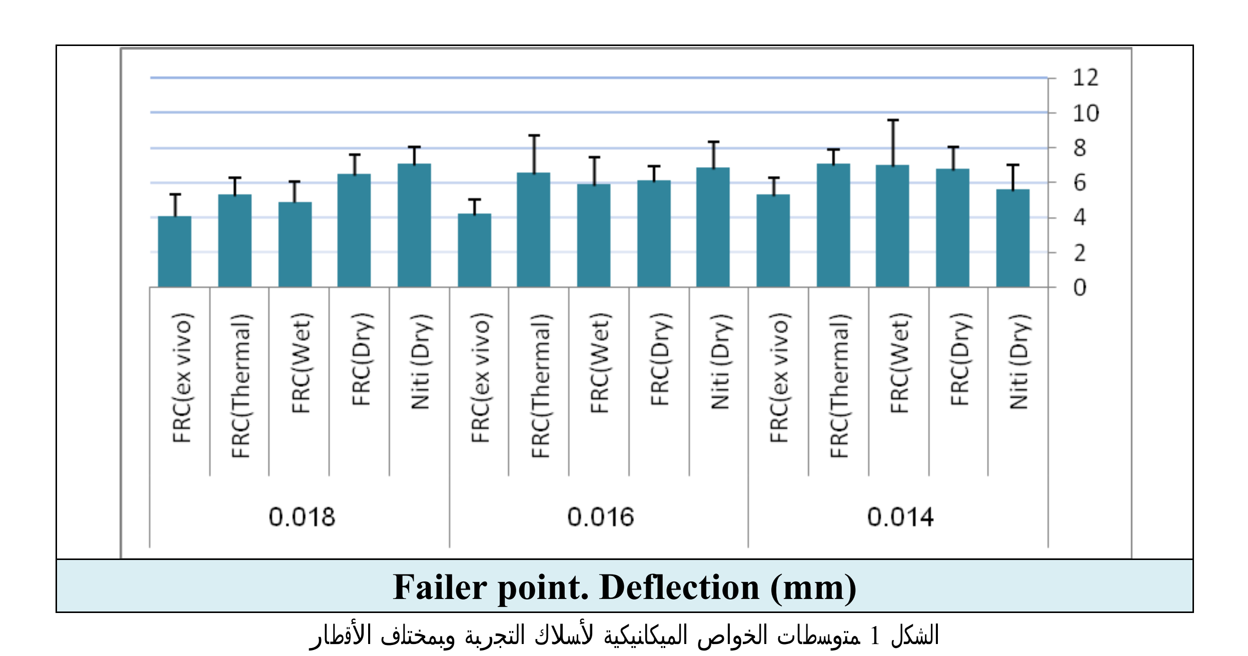
Flexural Strength (MPa)

Strength Yield (MPa)

Spring back Ratio



90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
FRC(ex vivo)
FRC(Thermal)
FRC(Wet)
FRC(Dry)
Niti (Dry)
0.018
0.016
0.014
Flexural Rigidity (Nmm2)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
Ultimate .load(N)
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
Ultimate peak deflection (mm)



الشكل 1 متوسطات الخواص الميكانيكية لأسلاك التجربة وبمختاف الأقطار

❖ ***- مقارنة بين التجارب:***

بعد إجراء تحليل One Way ANOVA للتعرف على التأثيرات الأساسية من خلال الفروق في متوسطات التجارب للقطر الواحد- الملحق الأول- جدول رقم 2، ومعرفة وجود فروق نوعية تم استعمال اختبار بعدي Sidak (تعديل لمعامل Bonferroni) لمعرفة أين توجد الفروقات النوعية بين مختلف ظروف التجربة لمختاف الأقطار.

يظهر جدول 4 فروق متغيرات الخواص الميكانيكية لأسلاك بين التجارب المجراة مع مستوى الدلالة وفق طريقة Sidak:

الجدول 4 فروق الخواص الميكانيكية بين التجارب بالنسبة لقطر السلك

قوة العينة	دلالة الفروق	قيمة مستوى الدلالة	الخطأ المعياري	الفرق بين المتوسطين (I-J)	Experiment (J)	Experiment (I)		Dependent Variable
1	S	.000	2.63	-12.88	Niti	Dry state	FRC	**Flexural. Modulus** (Gpa) **0.014**
0.803	NS	1.00	2.63	-2.52	wet state			
	NS	1.00	2.63	-.48	thermal state			
	NS	1.00	2.63	-.17	ex vivo			
	NS	1.00	2.63	2.04	thermal state	Wet state		
	NS	1.00	2.63	2.35	ex vivo			
	NS	1.00	2.63	.30	ex vivo	Thermal state		
1	<u>S</u>	.000	1.96	-18.81	Niti	Dry state	FRC	**Flexural. modulus** (Gpa) **0.016**
1	NS	1.00	1.91	-.49	wet state			
	<u>S</u>	.002	1.91	-7.46^{*}	thermal state			
	NS	.933	1.91	-2.76	ex vivo			
	<u>S</u>	.004	1.91	-6.96^{*}	thermal state	Wet state		
	NS	1.00	1.91	-2.26	ex vivo			
	NS	.105	1.91	4.70	ex vivo	Thermal state		

1	S	.000	1.97	-16.29	Niti	Dry state	FRC	**Flexural modulus 0.018** (Gpa)
0.834	NS	1.00	2.09	-1.64	wet state			
	NS	1.00	2.09	-1.911	thermal state			
	NS	1.00	2.09	.76	ex vivo			
	NS	1.00	2.09	-.26	thermal state	Wet state		
	NS	1.00	2.09	2.41	ex vivo			
	NS	1.00	2.09	2.67	ex vivo	Thermal state		
0.81	NS	.879	15.46	2.37	Niti	Dry state	FRC	**Flexural .Strength** (Mpa) **0.014**
0.855	NS	1.000	18.24	-4.16	Wet state			
	NS	1.000	18.24	-10.81	Thermal state			
	NS	1.000	18.24	15.21	ex vivo			
	NS	1.000	18.24	-6.65	Thermal state	Wet state		
	NS	1.000	18.24	19.37	ex vivo			
	NS	.958	18.24	26.03	ex vivo	Thermal state		
1	S	.003	26.04	-85.86	Niti	Dry state	FRC	**Flexural .strength** (Mpa) **0.016**
1	NS	1.000	27.57	-20.54	wet state			
	S	.001	27.57	-111.67*	thermal state			
	NS	1.000	27.57	-16.33	ex vivo			
	S	.010	27.57	-91.13*	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	27.57	4.21	ex vivo			
	S	.007	27.57	95.34*	ex vivo	Thermal state		
0.901	NS	.652	65.70	-30.00	Niti	Dry state	FRC	**Flexural .Strength** (Mpa) **0.018**
1	NS	.394	67.52	-126.97	wet state			
	NS	1.000	67.52	-48.60	thermal state			
	NS	1.000	67.52	79.60	ex vivo			
	NS	1.000	67.52	78.36	thermal state	Wet state		
	S	.021	67.52	206.57*	ex vivo			
	NS	.379	67.52	128.21	ex vivo	Thermal state		
1	S	.000	7.96	-75.07	Niti	Dry state	FRC	**Strength Yield** (Mpa) **0.014**
0.881	NS	1.000	4.49	4.32	wet state			
	NS	1.000	4.49	3.92	thermal state			
	NS	.993	4.49	6.32	ex vivo			
	NS	1.000	4.49	-.39	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	4.49	2.00	ex vivo			
	NS	1.000	4.49	2.39	ex vivo	Thermal state		
1	S	.000	7.39	-90.48	Niti	Dry state	FRC	**Strength yield** (Mpa) **0.016**
1	NS	1.000	7.94	-2.36	wet state			
	NS	.520	7.94	-13.8	thermal state			
	S	.000	7.94	-53.78*	ex vivo			
	NS	.922	7.94	-11.50	thermal state	Wet state		
	S	.000	7.94	-51.41*	ex vivo			
	S	.000	7.94	-39.90*	ex vivo	Thermal state		
1	NS	.075	19.77	-36.70	Niti	Dry state	FRC	**Strength**
0.92	NS	1.000	18.33	-21.07	wet state			

	NS	1.000	18.33	7.93	thermal state			.Yield Mpa 0.018
	NS	1.000	18.33	-7.72	ex vivo			
	NS	.717	18.33	29.01	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	18.33	13.35	ex vivo			
	NS	1.000	18.33	-15.65	ex vivo	Thermal state		
1	S	.000	.0003	-.0016	Niti	Dry state	FRC	Springback Ratio 0.014
0.821	NS	1.000	.0004	.00035	wet state			
	NS	1.000	.0004	.00019	thermal state			
	NS	1.000	.0004	.00037	ex vivo			
	NS	1.000	.00044	-.00016	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	.0004	.000020	ex vivo			
	NS	1.000	.0004	.00018	ex vivo	Thermal state		
0.963	NS	.142	.0004	-.00072	Niti	Dry state	FRC	Springback Ratio 0.016
1	NS	1.000	.0005	-.00014	wet state			
	NS	.980	.0005	.00073	thermal state			
	S	.000	.0005	-.0029*	ex vivo			
	NS	.585	.0005	.00087	thermal state	Wet state		
	S	.000	.0005	-.0028*	ex vivo			
	S	.000	.0005	-.0037*	ex vivo	Thermal state		
1	S	.000	.0005	.0027	Niti	Dry state	FRC	Springback Ratio 0.018
1	NS	1.000	.0008	-.0007	wet state			
	NS	.841	.0008	.0012	thermal state			
	NS	1.000	.0008	-.0008	ex vivo			
	NS	.111	.0008	.0020	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	.0008	-.00004	ex vivo			
	NS	.096	.0008	-.0020	ex vivo	Thermal state		
1	S	.000	2.17	-10.62	Niti	Dry state	FRC	Flexural .Rigidity N.mm2 0.014
0.84	NS	1.000	2.17	-2.08	wet state			
	NS	1.000	2.17	-.39	thermal state			
	NS	1.000	2.17	-.147	ex vivo			
	NS	1.000	2.17	1.68	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	2.17	1.93	ex vivo			
	NS	1.000	2.17	.248	ex vivo	Thermal state		
1	S	.003	2.59	-24.83	Niti	Dry state	FRC	Flexural .Rigidity N.mm2 0.016
1	NS	1.000	2.52	-.65	wet state			
	S	.002	2.52	-9.84*	thermal state			
	NS	.934	2.52	-3.64	ex vivo			
	S	.004	2.52	-9.19*	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	2.52	-2.99	ex vivo			
	NS	.105	2.52	6.20	ex vivo	Thermal state		
1	S	.000	4.34	-35.80	Niti	Dry state	FRC	Flexural .Rigidity (N.mm2) 0.018
0.83	NS	1.000	4.60	-3.61	wet state			
	NS	1.000	4.60	-4.19	thermal state			
	NS	1.000	4.60	1.68	ex vivo			

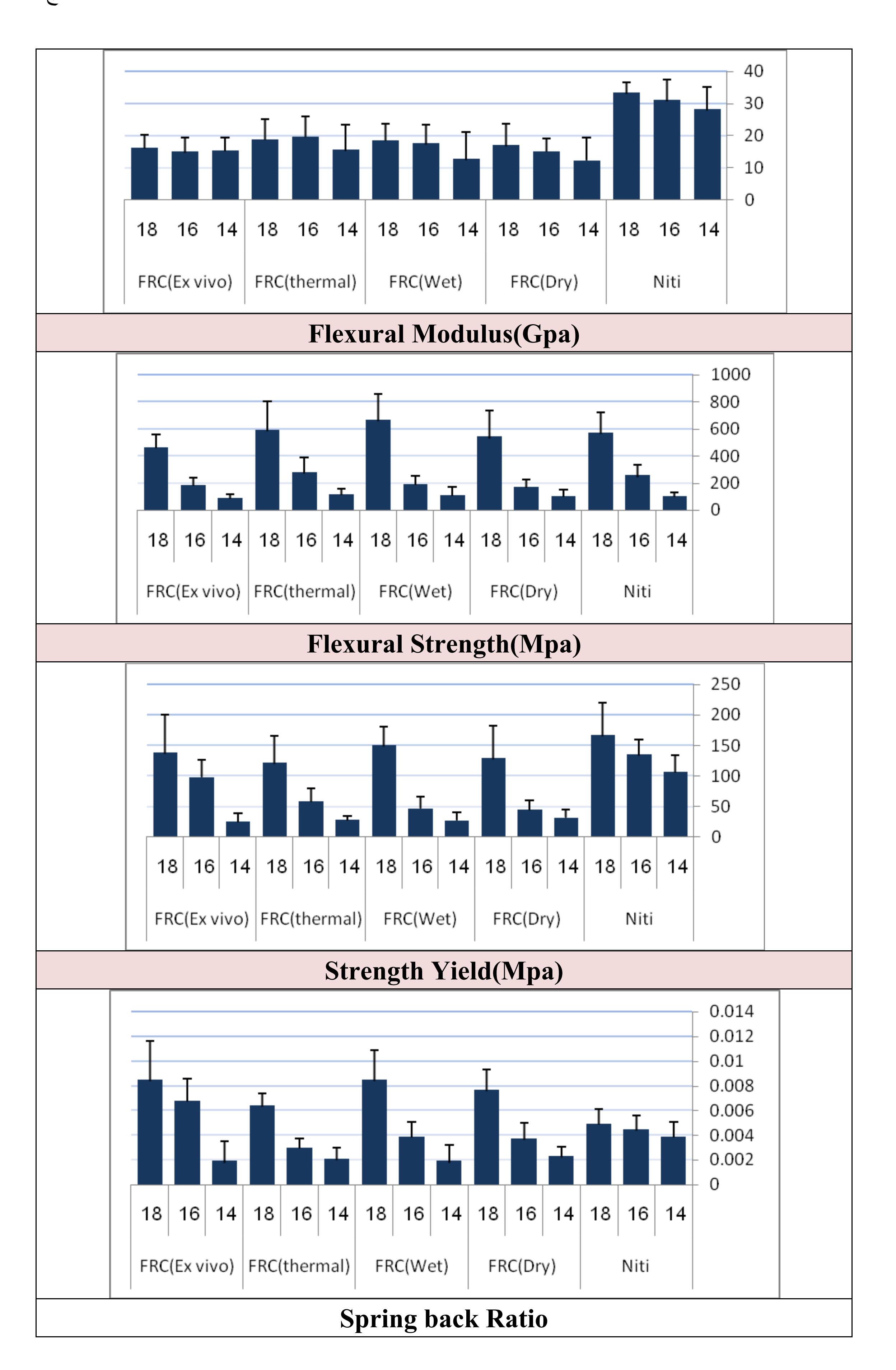
	NS	1.000	4.60	-.57	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	4.60	5.30	ex vivo			
	NS	1.000	4.60	5.88	ex vivo	Thermal state		
0.87	NS	.879	.09	.014	Niti	Dry state	FRC	**Ultimate. load (N) 0.014**
0.863	NS	1.000	.10	-.02	Wet state			
	NS	1.000	.10	-.06	Thermal state			
	NS	1.000	.10	.09	ex vivo			
	NS	1.000	.10	-.040	Thermal state	Wet state		
	NS	1.000	.10	.116	ex vivo			
	NS	.958	.10	.15	ex vivo	Thermal state		
1	S	.000	.10	-.34	Niti	Dry state	FRC	**Ultimate. load (N) 0.016**
1	NS	1.000	.11	-.08	wet state			
	S	.001	.11	-.45*	thermal state			
	NS	1.000	.11	-.066	ex vivo			
	S	.010	.11	-.37*	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	.11	.017	ex vivo			
	S	.007	.11	.387*	ex vivo	Thermal state		
0.885	NS	.652	.18	-.08	Niti	Dry state	FRC	**Ultimate. load (N) 0.018**
1	NS	.394	.19	-.36	wet state			
	NS	1.000	.19	-.140	thermal state			
	NS	1.000	.19	.22	ex vivo			
	NS	1.000	.19	.22	thermal state	Wet state		
	S	.021	.19	.59*	ex vivo			
	NS	.379	.19	.369	ex vivo	Thermal state		
1	S	.000	.22	1.62	Niti	Dry state	FRC	**Ultimate peak. Deflection (mm) 0.014**
0.872	NS	1.000	.23	.31	wet state			
	NS	1.000	.23	.32	thermal state			
	NS	1.000	.23	.10	ex vivo			
	NS	1.000	.23	.006	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	.23	-.21	ex vivo			
	NS	1.000	.23	-.22	ex vivo	Thermal state		
1	S	.000	.18	.74	Niti	Dry state	FRC	**Ultimate peak. Deflection (mm) 0.016**
1	NS	1.000	.21	-.15	wet state			
	NS	.127	.21	-.51	thermal state			
	NS	1.000	.21	.04	ex vivo			
	NS	.617	.21	-.36	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	.21	.20	ex vivo			
	S	.076	.21	.56	ex vivo	Thermal state		
1	S	.002	.24	.82	Niti	Dry state	FRC	**Ultimate peak. Deflection (mm) 0.018**
0.92	NS	1.000	.19	.05	wet state			
	NS	1.000	.19	.21	thermal state			
	NS	.507	.19	.34	ex vivo			
	NS	1.000	.19	.15	thermal state	Wet state		
	NS	.859	.19	.28	ex vivo			

	NS	1.000	.19	.129	ex vivo	Thermal state		
1	**S**	.023	.50	1.21	Niti	Dry state	FRC	**Failerpoint. Deflection** (mm) **0.014**
1	NS	1.000	.59	-.173	wet state			
	NS	1.000	.59	-.23	thermal state			
	NS	.085	.59	1.50	ex vivo			
	NS	1.000	.59	-.06	thermal state	Wet state		
	S	.039	.59	1.68*	ex vivo			
	S	.029	.59	1.74*	ex vivo	Thermal state		
0.978	NS	.143	.45	-.69	Niti	Dry state	FRC	**Failerpoint. deflection (mm) 0.016**
1	NS	1.000	.53	.21	wet state			
	NS	1.000	.53	-.43	thermal state			
	S	.004	.53	1.94*	ex vivo			
	NS	1.000	.53	-.64	thermal state	Wet state		
	S	.013	.53	1.73*	ex vivo			
	S	.000	.53	2.37*	ex vivo	Thermal state		
0.976	NS	.130	.38	-.60	Niti	Dry state	FRC	**Failerpoint .deflection (mm) 0.018**
1	**S**	.003	.41	1.56*	wet state			
	S	.046	.41	1.14*	thermal state			
	S	.000	.41	2.36*	ex vivo			
	NS	1.000	.41	-.41	thermal state	Wet state		
	NS	.352	.41	.80	ex vivo			
	S	.030	.41	1.21*	ex vivo	Thermal state		
	*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							

وجد اختلاف مؤكد إحصائياً بين سلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت الجاف لجميع الأقطار من حيث معامل المرونة أو الصلابة أو حد الخضوع، كما أظهر سلك النيكل تيتانيوم انحراف أكبر من الكمبوزيت أثناء تطبيق القوة وبشكل مؤكد إحصائيا. بينما لم تبين ظروف التعرية من حرارة أو رطوبة أي اختلاف كبير بينها وبين سلك الكمبوزيت الجاف من حيث الخواص الميكانيكية الأساسية، كان الخلاف في نقطة الفشل وخاصة بالأقطار الكبيرة. سببت الظروف الفموية انخفاض بالخصائص بالمقارنة مع سلك الكمبوزيت الجاف.

❖ ***مقارنة بين الأقطار:***

يظهر الشكل 2 توزع متغيرات الخواص الميكانيكية باختبار ثلاثي النقاط حسب الأقطار بالنسبة لسلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت بمختلفة ظروف التجربة.

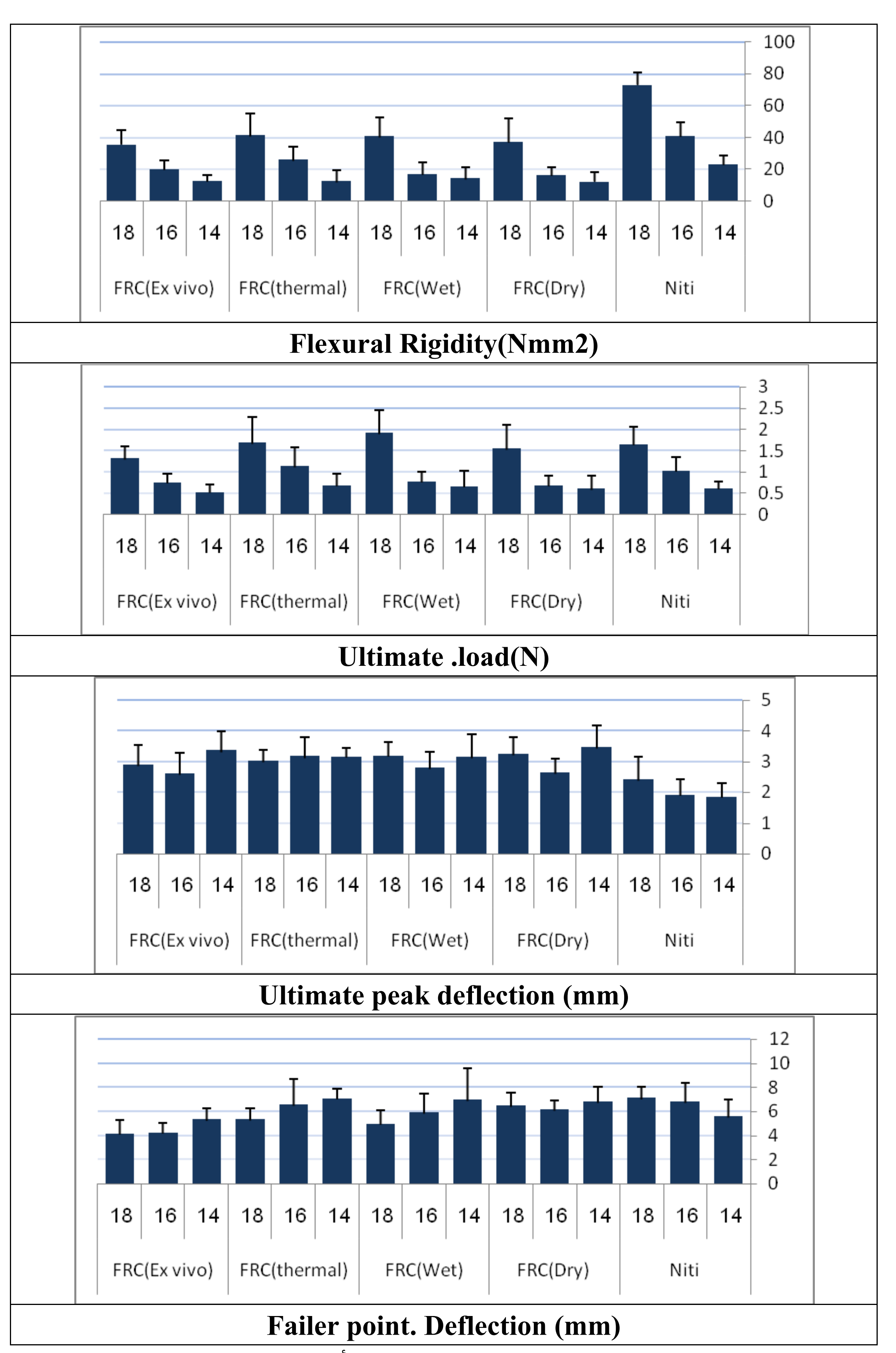


Flexural Modulus(Gpa)

Flexural Strength(Mpa)

Strength Yield(Mpa)

Spring back Ratio



الشكل رقم 2 متوسطات الخواص الميكانيكية حسب الأقطار لمختلف التجارب

بعد إجراء تحليل One Way ANOVA للتعرف على التأثيرات الأساسية من خلال الفروق في متوسطات التجارب لعدة أقطار بالتجربة الواحدة- الملحق الأول- جدول رقم 3، ومعرفة وجود فروق نوعية تم استعمال اختبار بعدي Sidak (تعديل لمعامل Bonferroni).لمعرفة أين توجد هذه الفروقات النوعية بين مختلف ظروف التجربة لمختلف الأقطار.

يظهر جدول 5 فروق متغيرات الخواص الميكانيكية بين أقطار الأسلاك المستخدمة لكل تجربة على حدى مع مستوى الدلالة وفق طريقة Sidak:

	جدول 5 مقارنة الخواص الميكانيكية لأقطار الأسلاك حسب التجربة							
قوة العينة	دلالة الفروق	قيمة مستوى الدلالة	الخطأ المعياري	الفرق بين المتوسطين (I-J)	Diameter (J)	Diameter (I)	Dependent Variable	
1	NS	.504	2.16	-3.04	0.016	0.014	Niti	**Flexural Modulus (Gpa)**
	NS	.063	2.16	-5.20	0.018			
	NS	.974	2.16	-2.16	0.018	0.016		
0.953	NS	.632	2.26	2.88	0.016	0.014	FRC Dry state	
	NS	1.000	2.26	-1.79	0.018			
	NS	.136	2.26	-4.67	0.018	0.016		
1	NS	.155	2.44	4.91	0.016	0.014	FRC Wet state	
	NS	1.000	2.44	-.91	0.018			
	NS	.067	2.44	-5.82	0.018	0.016		
0.921	NS	.345	2.54	-4.10	0.016	0.014	FRC Thermal state	
	NS	.637	2.54	-3.22	0.018			
	NS	1.000	2.54	.876	0.018	0.016		
0.886	NS	1.000	1.56	.29	0.016	0.014	FRC ex vivo	
	NS	1.000	1.56	-.84	0.018			
	NS	1.000	1.56	-1.14	0.018	0.016		
1	S	.001	37.39	-153.96*	0.016	0.014	Niti	**Flexural Strength** (Mpa)
	S	.000	37.39	-469.14*	0.018			
	S	.000	37.39	-315.17*	0.018	0.016		
1	NS	.476	45.72	-65.72	0.016	0.014	FRC Dry state	
	S	.000	45.72	-436.75*	0.018			
	S	.000	45.72	-371.03*	0.018	0.016		
1	NS	.234	45.35	-82.10	0.016	0.014	FRC Wet state	
	S	.000	45.35	-559.56*	0.018			
	S	.000	45.35	-477.46*	0.018	0.016		
1	S	.009	52.43	-166.58*	0.016	0.014	FRC Thermal state	
	S	.000	52.43	-474.54*	0.018			
	S	.000	52.43	-307.96*	0.018	0.016		
1	S	.001	25.30	-97.26*	0.016	0.014	FRC ex vivo	
	S	.000	25.30	-372.36*	0.018			
	S	.000	25.30	-275.09*	0.018	0.016		

1	NS	.151	13.94	-28.16	0.016	0.014	**Niti**	**Strength Yield** (Mpa)
	S	.000	13.94	-59.72*	0.018			
	NS	.088	13.94	-31.55	0.018	0.016		
1	NS	.887	12.03	-12.75	0.016	0.014	FRC DRY state	
	S	.000	12.03	-98.10*	0.018			
	S	.000	12.03	-85.34*	0.018	0.016		
1	NS	.072	8.27	-19.44	0.016	0.014	FRC Wet state	
	S	.000	8.27	-123.49*	0.018			
	S	.000	8.27	-104.05*	0.018	0.016		
1	**S**	.020	10.62	-30.55*	0.016	0.014	FRC Thermal state	
	S	.000	10.62	-94.08*	0.018			
	S	.000	10.62	-63.52*	0.018	0.016		
1	**S**	.000	15.26	-72.86*	0.016	0.014	FRC ex vivo	
	S	.000	15.26	-112.14*	0.018			
	S	.042	15.26	-39.27*	0.018	0.016		
0.975	NS	.765	.0004	-.0005	0.016	0.014	Niti	**Spring back** Ratio
	NS	.131	.0004	-.0009	0.018			
	NS	1.000	.0004	-.0004	0.018	0.016		
1	**S**	.017	.0004	-.0014*	0.016	0.014	FRC Dry state	
	S	.000	.0004	-.0053*	0.018			
	S	.000	.0004	-.0039*	0.018	0.016		
1	**S**	.016	.0006	-.0019*	0.016	0.014	FRC Wet state	
	S	.000	.0006	-.0065*	0.018			
	S	.000	.0006	-.0045*	0.018	0.016		
1	**S**	.035	.0003	-.0009*	0.016	0.014	FRC Thermal state	
	S	.000	.0003	-.0043*	0.018			
	S	.000	.0003	-.0034*	0.018	0.016		
1	**S**	.000	.0008	-.0048*	0.016	0.014	FRC ex vivo	
	S	.000	.0008	-.0065*	0.018			
	NS	.145	.0008	-.0017	0.018	0.016		
1	**S**	.000	2.71	-17.97*	0.016	0.014	Niti	**Flexural Rigidity (Nmm2)**
	S	.000	2.71	-50.07*	0.018			
	S	.000	2.71	-32.09*	0.018	0.016		
1	NS	.897	3.57	-3.76	0.016	0.014	FRC Dry state	
	S	.000	3.57	-24.89*	0.018			
	S	.000	3.57	-21.12*	0.018	0.016		
1	NS	1.000	3.28	-2.33	0.016	0.014	FRC Wet state	
	S	.000	3.28	-26.42*	0.018			
	S	.000	3.28	-24.09*	0.018	0.016		
1	**S**	.003	3.72	-13.22*	0.016	0.014	FRC Thermal state	
	S	.000	3.72	-28.69*	0.018			
	S	.001	3.72	-15.47*	0.018	0.016		
1	**S**	.012	2.36	-7.262*	0.016	0.014	FRC	
	S	.000	2.36	-23.06*	0.018			

	S	.000	2.36	-15.79*	0.018	0.016	ex vivo	
1	S	.004	.12	-.42*	0.016	0.014	Niti	**Ultimate load (N)**
	S	.000	.12	-1.03*	0.018			
	S	.000	.12	-.60*	0.018	0.016		
1	NS	1.000	.14	-.06	0.016	0.014	FRC Dry state	
	S	.000	.14	-.93*	0.018			
	S	.000	.14	-.86*	0.018	0.016		
1	NS	1.000	.15	-.12	0.016	0.014	FRC Wet state	
	S	.000	.15	-1.27*	0.018			
	S	.000	.15	-1.14*	0.018	0.016		
1	S	.037	.17	-.45*	0.016	0.014	FRC Thermal state	
	S	.000	.17	-1.00*	0.018			
	S	.008	.17	-.55*	0.018	0.016		
1	S	.043	.08	-.22*	0.016	0.014	FRC ex vivo	
	S	.000	.08	-.79*	0.018			
	S	.000	.08	-.57*	0.018	0.016		
1	NS	1.000	.22	-.07	0.016	0.014	**Niti**	**Ultimate peak. Deflection (mm)**
	S	.037	.22	-.57*	0.018			
	NS	.082	.22	-.505	0.018	0.016		
1	S	.002	.21	.80*	0.016	0.014	FRC DRY state	
	NS	.941	.21	.22	0.018			
	S	.029	.21	-.58*	0.018	0.016		
0.967	NS	.410	.22	.33	0.016	0.014	FRC Wet state	
	NS	1.000	.22	-.04	0.018			
	NS	.292	.22	-.37	0.018	0.016		
0.887	NS	1.000	.17	-.02	0.016	0.014	FRC Thermal state	
	NS	1.000	.17	.11	0.018			
	NS	1.000	.17	.14	0.018	0.016		
1	S	.013	.24	.75*	0.016	0.014	FRC ex vivo	
	NS	.208	.24	.46	0.018			
	NS	.739	.24	-.29	0.018	0.016		
1	NS	.054	.49	-1.22	0.016	0.014	Niti	**Failerpoint deflection (mm)**
	S	.015	.49	-1.47*	0.018			
	NS	1.000	.49	-.25	0.018	0.016		
0.922	NS	.298	.40	.67	0.016	0.014	FRC Dry state	
	NS	1.000	.40	.34	0.018			
	NS	1.000	.40	-.33	0.018	0.016		
1	NS	.415	.70	1.06	0.016	0.014	FRC wet state	
	S	.016	.70	2.07*	0.018			
	NS	.470	.70	1.01	0.018	0.016		
1	NS	1.000	.53	.47	0.016	0.014	FRC Thermal state	
	S	.007	.53	1.72*	0.018			
	NS	.072	.53	1.24	0.018	0.016		
1	S	.016	.37	1.11*	0.016	0.014	FRC	

	S	.009	.37	1.19*	0.018		ex vivo	
	NS	1.000	.37	.082	0.018	0.016		
			*. The mean difference is significant at the 0.05 level.					

أظهر الجدول فروق إحصائية كلما زاد القطر خاصة بالصلابة بينمـا لـم يظهـر أي فـرق إحصائي بمعامل المرونة والخضوع والانعطاف لسلك النيكل تيتانيوم أو الكمبوزيـت، بينمـا أظهر اختلاف من حيث القوة العظمى الناتجة او نقطة الفشل ، كذلك لم تظهر ظروف التعرية أي اختلافات إلا من خلال نقطة الفشل.

❖ مقارنة نسب تأثير الرطوبة والحرارة في الخواص الميكانيكية للأسلاك الكمبوزيت:

استعمل اختبار Odds ratios - Chi Square لدراسة النسب المئوية لتأثير ظروف التعرية من رطوبة وحرارة على سلك الكمبوزيت بالنسبة لفم المريض الجدول رقم 6.

الجدول 6 اختبار Odds ratios - Chi Square لدراسة النسب المئوية لظرف التعرية على الخواص الميكانيكية

Diameter	Status	عدد الحالات	النسبة المئوية	قيمة اختبار	قيمة	دلالة الفروق
0.014	**Wet**	6	75%	9.56	0.000	S
	Thermal	2	25%			
0.016	**Wet**	7	87.5%	10.75	0.000	S
	Thermal	1	12.5%			
0.018	**Wet**	5	62.5%	8.64	0.014	S
	Thermal	3	37.5%			

يبين الجدول وجود فرق نوعي بين النسب المئوية لحالات تأثير الرطوبة والحرارة على فم المريض في السلك ذي القطر0.014، 0.016، 0.018 أنش ونجد أن الرطوبة لها التأثير الأول على سلك الكمبوزيت بفم المريض.

❖ دراسة نسب العوامل الخفية التي تؤثر في الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت غير الرطوبة والحرارة بفم المريض:

استخدمت طريقة متوسط النسبة المئوية المتجمعة Mean Cumulative percent method لدراسة النسبة المئوية للعوامل الخفية (غير المدروسة)، التي تؤثر في الخواص الميكانيكية لأسلاك الكمبوزيت غير الرطوبة والحرارة بفم المريض جدول رقم 7.

جدول رقم 7 يبين نسب العوامل الخفية التي تؤثر على الخواص الميكانيكية					
Step 3	Step 2	Percentage (Step 1)	Mean		
-8.689	109.869	-----	15.26143	FRC (dry Status)	Flexural .modulus 0.014
		116.583486	17.79064	FRC (wet status)	
		103.154849	15.741	FRC (thermal status)	
		101.179	15.4400	FRC (ex vivo status)	
-9.84	132.146		12.381	FRC (dry Status)	Flexural .modulus 0.016
		104.00	12.875	FRC (wet status)	
		160.2890	19.843	FRC (thermal status)	
		122.305	15.141	FRC (ex vivo status)	
-14.92	110.438	------	17.055	FRC (dry Status)	Flexural .modulus 0.018
		109.666	18.70	FRC (wet status)	
		111.211	18.96	FRC (thermal status)	
		95.5103	16.28	FRC (ex vivo status)	
-4.422	88.289		.0023304	FRC (dry Status)	Springback 0.014
		84.7553	.0019748	FRC (wet status)	
		91.8240	.0021395	FRC (thermal status)	
		83.8669	.0019541	FRC (ex vivo status)	
-8.79	93.2438		.0037	FRC (dry Status)	Springback 0.016
		105.40	.0039	FRC (wet status)	
		81.08	.0030	FRC (thermal status)	
		99.18	.00677	FRC (ex vivo status)	
13.85	96.946		.0077	FRC (dry Status)	Springback 0.018
		110.165	.0085	FRC (wet status)	
		83.7266	.0064	FRC (thermal status)	
		110.800	.0085	FRC (ex vivo status)	

يبين الجدول 7 وجود نسب مختلفة حسب قطر السلك لعوامل لم تدرس تؤثر في الخواص الميكانيكية غير الرطوبة والحرارة تؤثر في سلك الكمبوزيت المطبق بالحفرة الفموية.

متغيرات اختبار الاستعادة:Recovery test:

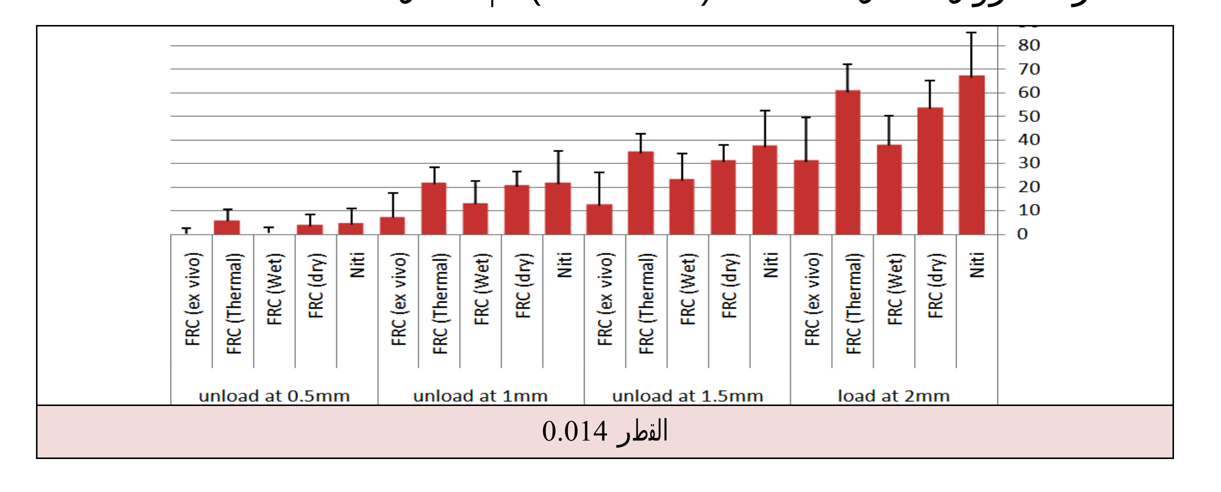
يبين الجدول رقم 8 الإحصاء الوصفي لاختبار الانحناء ثلاثي النقاط (اختبار الاستعادة) المطبق على أسلاك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت بمختاف التجارب بأقطارها المختلفة.

جدول 8 متوسطات اختبار الاستعادة والانحراف المعياري													
القطر 0.18			القطر 0.016			القطر 0.014			Experiment				
الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	العدد	السلك			
6.07	22.74	183.35	4.78	17.90	108.00	4.95	18.53	67.00	14	NITI	Dry state	load at 2mm	
10.46	39.14	130.50	2.99	11.20	62.64	3.02	11.32	53.78	14	FRC	Dry state		
7.99	29.92	131.85	4.80	17.96	64.21	3.28	12.30	38.14	14		Wet state		

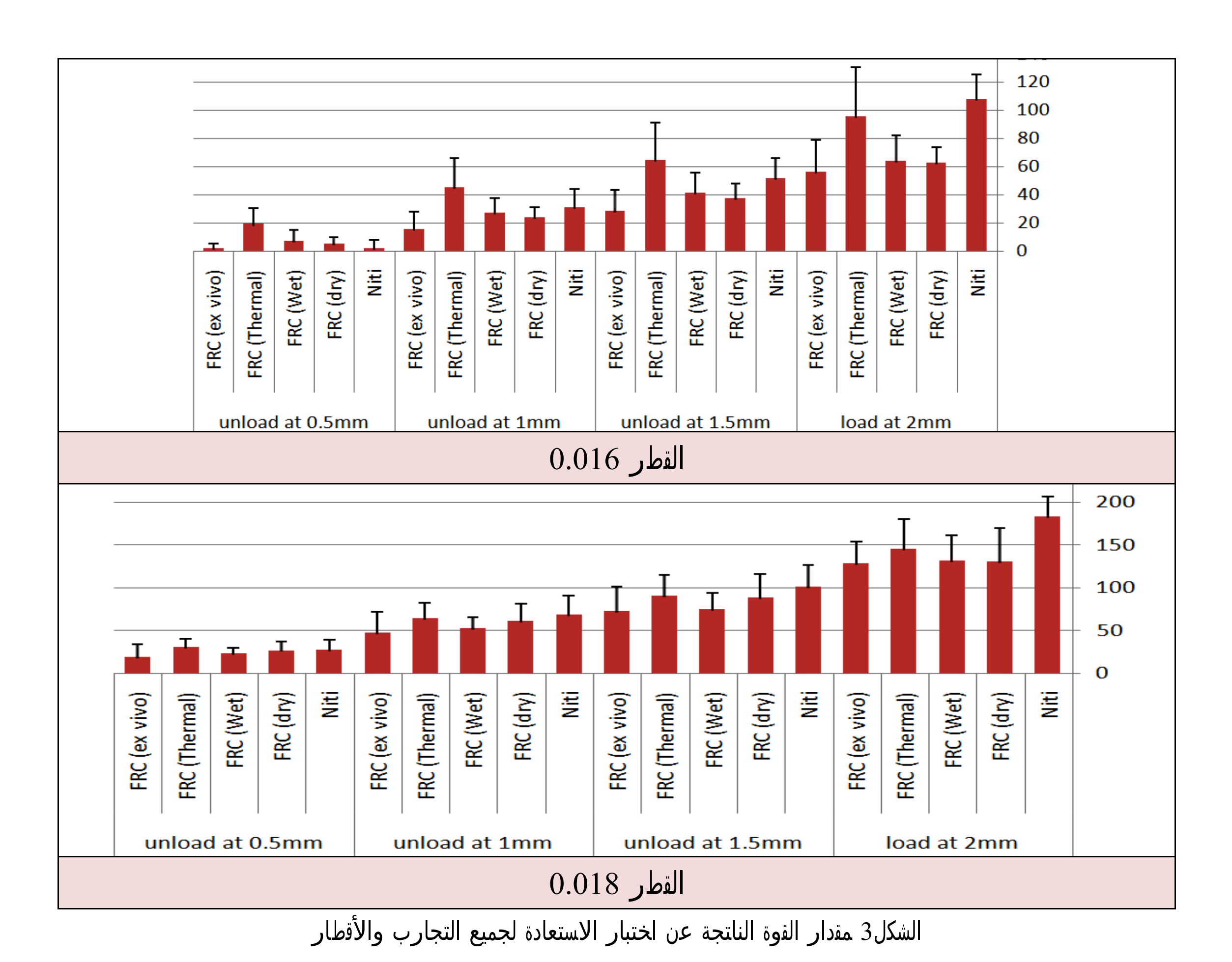
9.35	34.98	145.21	9.45	35.36	95.71	3.00	11.24	60.78	14		Thermal state	
6.63	24.84	128.57	6.15	23.02	56.21	4.92	18.41	31.28	14		ex vivo	
6.61	24.74	101.35	3.89	14.55	51.78	4.03	15.08	37.50	14	NITI	Dry state	unload at 1.5mm
7.31	27.36	88.71	2.84	10.65	37.35	1.69	6.33	31.50	14	FRC	Dry state	
4.96	18.56	75.35	3.79	14.21	41.35	2.91	10.90	23.28	14		Wet state	
6.53	24.46	90.50	7.09	26.54	64.71	2.02	7.59	35.14	14		Thermal state	
7.53	28.18	73.21	3.92	14.70	28.50	3.56	13.33	12.85	14		ex vivo	
5.92	22.18	69.00	3.39	12.70	31.28	3.63	13.61	21.85	14	NITI	Dry state	unload at 1mm
5.37	20.09	61.00	2.04	7.65	23.78	1.61	6.04	20.71	14	FRC	Dry state	
3.27	12.24	53.14	2.86	10.72	27.14	2.41	9.04	13.42	14		Wet state	
4.86	18.19	64.21	5.59	20.93	45.28	1.78	6.67	21.85	14		Thermal state	
6.29	23.53	47.92	3.22	12.08	15.64	2.65	9.94	7.57	14		ex vivo	
3.31	12.41	27.21	1.45	5.44	2.14	1.59	5.95	4.92	14	NITI	Dry state	unload at 0.5mm
2.97	11.13	26.35	1.22	4.58	5.14	1.15	4.31	4.21	14	FRC	Dry state	
1.75	6.58	23.14	2.07	7.77	7.14	.49	1.83	1.00	14		Wet state	
2.56	9.60	30.28	2.99	11.21	19.14	1.19	4.48	6.07	14		Thermal state	
3.81	14.25	19.28	.995	3.72	1.78	1.83	1.83	0.85	14		ex vivo	

يلاحظ من الجدول 8 ازدياد القوة المطبقة لحني السلك 2 مم لسلك النيكل تيتانيوم عن سلك الكمبوزيت سواء بالحالة الجافة أو بمختلف ظروف التجربة، كما تزداد القوة مع ازدياد قطر السلك سواء لسلك النيكل تيتانيوم أو سلك الكمبوزيت.

ينتج سلك النيكل تيتانيوم قوة أكبر، بينما ينتج سلك الكمبوزيت المطبق بالفم أقل قوة بمختلف الأقطار عند زوال التحمل عند مسافة (1.5، 1، 0.5) مم، الشكل 3.



القطر 0.014



الشكل3 مقدار القوة الناتجة عن اختبار الاستعادة لجميع التجارب والأقطار

❖ *مقارنة بين التجارب:*

بعد إجراء تحليل One Way ANOVA للتعرف على التأثيرات الأساسية من خلال الفروق بين متوسطات التجارب للقطر الواحد- الملحق الأول- جدول رقم 4، ومعرفة وجود فروق نوعية تم استعمال اختبار بعدي Sidak (تعديل معامل Bonferroni) لمعرفة أين توجد الفروقات النوعية بين مختلف ظروف التجربة لمختلف الأقطار.

يظهر الجدول رقم 9 فروق متغيرات اختبار الاستعادة بين التجارب المجراة على السلك مع مستوى الدلالة وفق طريقة Sidak:

جدول 9 الفروق النوعية لاختبار الاستعادة المجراة على الأسلاك

قوة العينة	دلالة الفروق	قيمة مستوى الدلالة	الخطأ المعياري	الفرق بين المتوسطين (I-J)	Experiment (J)	Experiment (I)		Dependent Variable
1	S	.031	5.80	-13.21	Niti	Dry state	FRC	load at 2mm **0.014**
1	S	.023	5.15	15.64*	wet state			
	S	1.00	5.15	-7.00	thermal state			
	S	.000	5.15	22.50*	ex vivo			
	S	.000	5.15	-22.64*	thermal state	Wet state		
	NS	1.00	5.15	6.85	ex vivo			
	S	.000	5.15	29.50*	ex vivo	Thermal		

1	S	.000	5.64	-45.35	Niti	Dry state	FRC	load at 2mm **0.016**
1	NS	1.000	8.92	-1.57	wet state			
	S	.003	8.92	-33.07*	thermal state			
	NS	1.000	8.92	6.42	ex vivo			
	S	.005	8.92	-31.50*	thermal state	Wet state		
	NS	1.000	8.92	8.00	ex vivo			
	S	.000	8.92	39.50*	ex vivo	Thermal		
1	S	.000	12.10	-52.85	Niti	Dry state	FRC	load at 2mm **0.018**
0.872	NS	1.00	12.34	-1.35	wet state			
	NS	1.00	12.34	-14.71	thermal state			
	NS	1.00	12.34	1.92	ex vivo			
	NS	1.00	12.34	-13.35	thermal state	Wet state		
	NS	1.00	12.34	3.28	ex vivo			
	NS	1.00	12.34	16.64	ex vivo	Thermal		
0.901	NS	.182	4.37	-6.00	Niti	Dry state	FRC	unload at 1.5mm **0.014**
1	NS	.199	3.75	8.21	Wet state			
	NS	1.00	3.75	-3.64	Thermal state			
	S	.000	3.75	18.64*	ex vivo			
	S	.016	3.75	-11.85*	Thermal state	Wet state		
	S	.046	3.75	10.42*	ex vivo			
	S	.000	3.75	22.28*	ex vivo	Thermal		
1	NS	.006	4.82	-14.42	Niti	Dry state	FRC	unload at 1.5mm **0.016**
1	NS	1.00	6.64	-4.00	wet state			
	S	.001	6.64	-27.35*	thermal state			
	NS	1.00	6.64	8.85	ex vivo			
	S	.006	6.64	-23.35*	thermal state	Wet state		
	NS	.351	6.64	12.85	ex vivo			
	S	.000	6.64	36.21*	ex vivo	Thermal		
0.948	NS	.211	9.85	-12.64	Niti	Dry state	FRC	unload at 1.5mm **0.018**
0.932	NS	.974	9.42	13.35	wet state			
	NS	1.00	9.42	-1.78	thermal state			
	NS	.636	9.42	15.50	ex vivo			
	NS	.685	9.42	-15.14	thermal state	Wet state		
	NS	1.00	9.42	2.14	ex vivo			
	NS	.434	9.42	17.28	ex vivo	Thermals		
0.812	NS	.776	3.98	-1.14	Niti	Dry state	FRC	unload at 1mm **0.014**
1	NS	.125	3.05	7.28	wet state			
	NS	1.00	3.05	-1.14	thermal state			
	S	.000	3.05	13.14*	ex vivo			
	S	.048	3.05	-8.42*	thermal state	Wet state		
	NS	.366	3.05	5.85	ex vivo			
	S	.000	3.05	14.28*	ex vivo	Thermal		
1	NS	.070	3.96	-7.50	Niti	Dry state	FRC	unload at 1mm
1	NS	1.00	5.20	-3.35	wet state			

	S	.001	5.20	-21.50*	thermal state			0.016
	NS	.742	5.20	8.14	ex vivo			
	S	.006	5.20	-18.14*	thermal state	Wet state		
	NS	.189	5.20	11.50	ex vivo			
	NS	1.00	5.20	-3.35	ex vivo	Thermal		
0.948	NS	.327	8.00	-8.00	Niti	Dry state	FRC	unload at 1mm **0.018**
1	NS	1.00	7.16	7.85	wet state			
	NS	1.00	7.16	-3.21	thermal state			
	NS	.44	7.16	13.07	ex vivo			
	NS	.771	7.16	-11.07	thermal state	Wet state		
	NS	1.00	7.16	5.21	ex vivo			
	NS	.164	7.16	16.28	ex vivo	Thermal		
0.834	NS	.719	1.96	-.714	Niti	Dry state	FRC	unload at 0.5mm **0.014**
1	NS	.088	1.27	3.21	wet state			
	NS	.906	1.27	-1.85	thermal state			
	S	.066	1.27	3.35	ex vivo			
	S	.001	1.27	-5.07*	thermal state	Wet state		
	NS	1.00	1.27	.14	ex vivo			
	S	.001	1.27	5.21*	ex vivo	Thermal		
0.97	NS	.127	1.90	3.00	Niti	Dry state	FRC	unload at 0.5mm **0.016**
1	NS	1.00	2.80	-2.00	wet state			
	S	.000	2.80	-14.00*	thermal state			
	NS	1.00	2.80	3.35	ex vivo			
	S	.000	2.80	-12.00*	thermal state	Wet state		
	NS	.373	2.80	5.35	ex vivo			
	S	.000	2.80	17.35*	ex vivo	Thermal		
0.823	NS	.849	4.45	-.85	Niti	Dry state	FRC	unload at 0.5mm **0.018**
1	NS	1.00	4.06	3.21	wet state			
	NS	1.00	4.06	-3.92	thermal state			
	NS	.528	4.06	7.07	ex vivo			
	NS	.509	4.06	-7.14	thermal state	Wet state		
	NS	1.00	4.06	3.85	ex vivo			
	NS	.055	4.06	11.00	ex vivo	Thermal		
	*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							

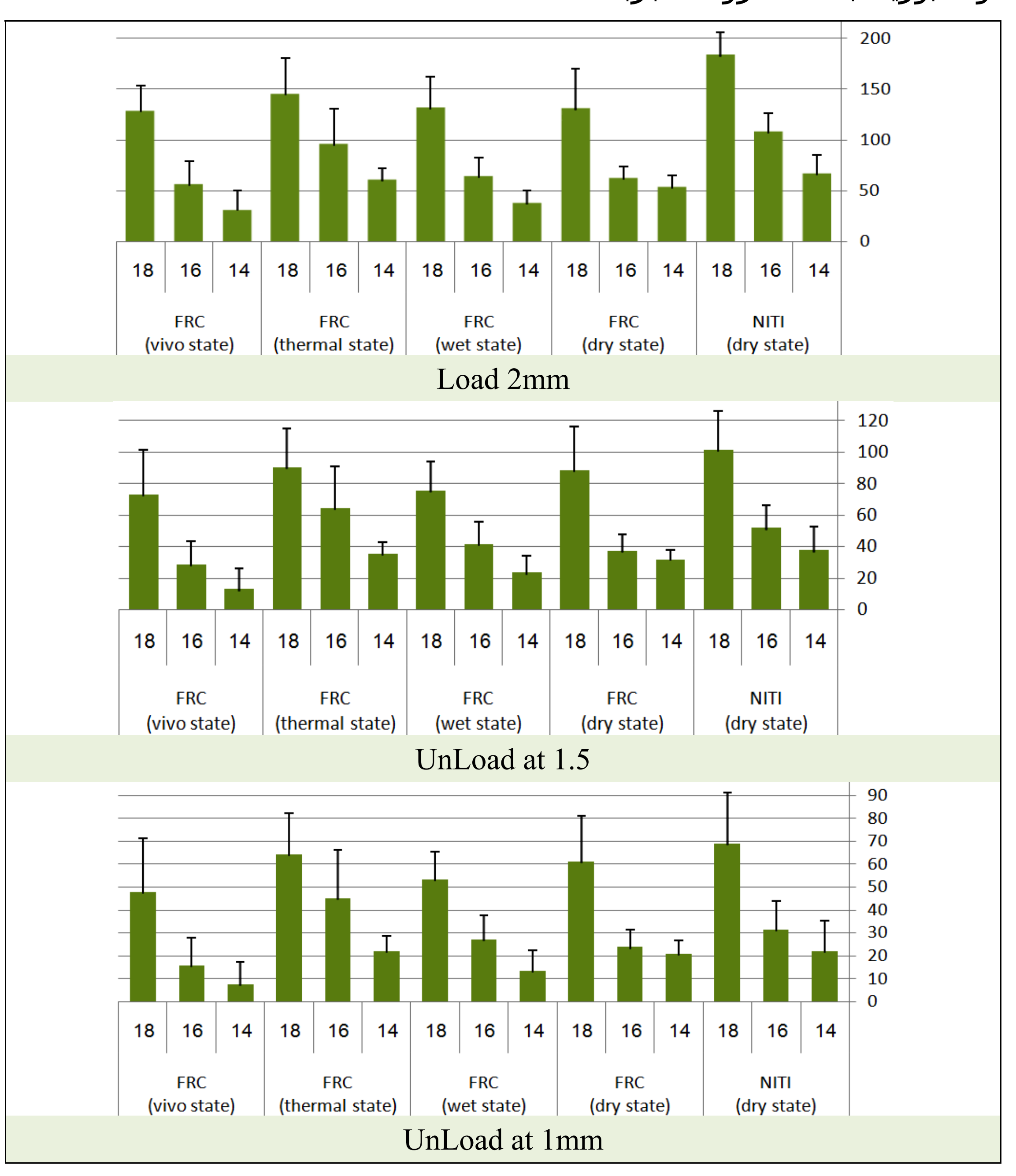
وجد فرق نوعي بين سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت للقوة المطبقة لحني السلك مسافة 2 مم لصالح سلك النيكل تيتانيوم بمختلف الأقطار المطبق عليها الاختبار. كما وجد فرق نوعي بين جميع ظروف التجربة وسلك الكمبوزيت بالوضعية الجافة للقطر 0.014 أنش بينما لا يوجد فروق عند بقية الأقطار.

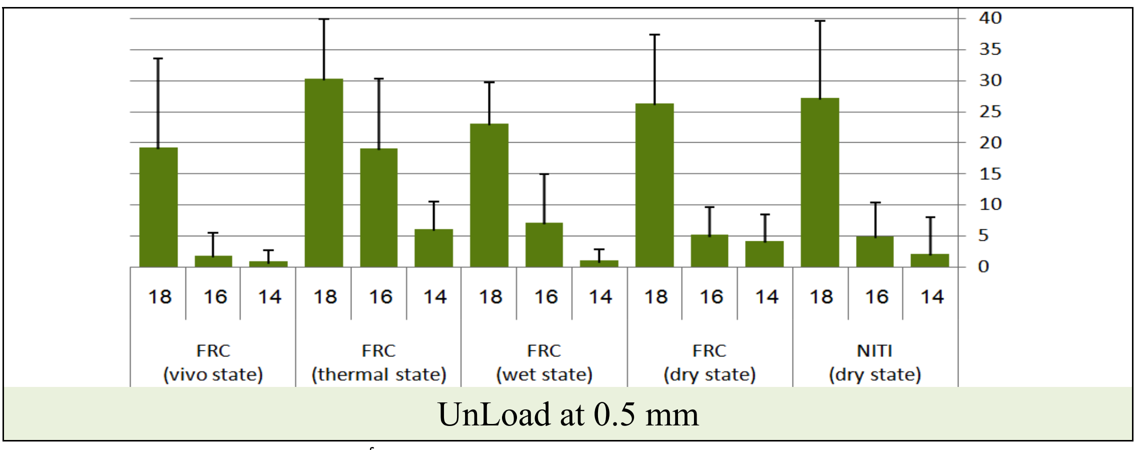
لا يوجد فرق نوعي للقوة المتولدة عن زوال الحمولة عند مسافة (1.5، 1، 0.5) مم بين

سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت لقطر 0.014 & 0.018 أنش بينما لا يوجد فرق للقطر 0.016 أنش، بينما تبدي أسلاك الكمبوزيت المعرضة لدورة حرارية فرق نوعي مع سلك الكمبوزيت بمختاف ظروف التجربة.

مقارنة بين الأقطار:

يظهر الشكل 4 توزع المتغيرات اختبار الاستعادة حسب الأقطار بالنسبة لسلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت بمختلفة ظروف التجربة.





لشكل 4 توزع المتغيرات اختبار الاستعادة حسب الأقطار

استخدم تحليل One Way ANOVA للتعرف على التأثيرات الأساسية من خلال الفروق في متوسطات التجارب لعدة أقطار بالتجربة الواحدة- الملحق الأول- جدول رقم 5، ومعرفة وجود فروق نوعية باستعمال اختبار بعدي Sidak (تعديل لمعامل Bonferroni)، لمعرفة أين توجد هذه الفروقات النوعية بين مختلف ظروف التجربة لمختلف الأقطار جدول رقم 10.

جدول 10 مقارنة اختبار الاستعادة لأقطار الأسلاك حسب التجربة

دلالة الفروق	قيمة مستوى الدلالة	الخطأ المعياري	الفرق بين المتوسطين (I-J)	Diameter (J)	Diameter (I)	Dependent Variable
S	.000	7.50	-41.00*	0.016	0.014	**load at 2mm** Niti
S	.000	7.50	-116.35*	0.018		
S	.000	7.50	-75.35*	0.018	0.016	
S	.716	9.22	-8.85*	0.016	0.014	FRC DRY state
S	.000	9.22	-76.71*	0.018		
S	.000	9.22	-67.85*	0.018	0.016	
S	.008	8.07	-26.07*	0.016	0.014	FRC (Wet state)
S	.000	8.07	-93.71*	0.018		
S	.000	8.07	-67.64*	0.018	0.016	
S	.010	11.13	-34.92*	0.016	0.014	FRC thermal state
S	.000	11.13	-84.42*	0.018		
S	.000	11.13	-49.50*	0.018	0.016	
S	.015	8.41	-24.92*	0.016	0.014	FRC ex vivo
S	.000	8.41	-97.28*	0.018		
S	.000	8.41	-72.35*	0.018	0.016	
NS	.144	7.07	-14.28	0.016	0.014	**unload at 1.5mm** Niti
S	.000	7.07	-63.85*	0.018		
S	.000	7.07	-49.57*	0.018	0.016	
NS	.758	6.55	-5.85	0.016	0.014	FRC DRY state
S	.000	6.55	-57.21*	0.018		
S	.000	6.55	-51.35*	0.018	0.016	
S	.008	5.62	-18.07*	0.016	0.014	FRC wet state
S	.000	5.62	-52.07*	0.018		

S	.000	5.62	-34.00*	0.018	0.016	
S	.002	8.05	-29.57*	0.016	0.014	FRC thermal state
S	.000	8.05	-55.35*	0.018		
S	.008	8.05	-25.78*	0.018	0.016	
NS	.127	7.52	-15.64	0.016	0.014	FRC ex vivo
S	.000	7.52	-60.35*	0.018		
S	.000	7.52	-44.71*	0.018	0.016	
NS	.372	6.32	-9.42	0.016	0.014	**unload at 1mm** Niti
S	.000	6.32	-47.14*	0.018		
S	.000	6.32	-37.71*	0.018	0.016	
NS	.898	4.87	-3.07	0.016	0.014	FRC DRY state
S	.000	4.87	-40.28*	0.018		
S	.000	4.87	-37.21*	0.018	0.016	
S	.005	4.06	-13.71*	0.016	0.014	FRC wet state
S	.000	4.06	-39.71*	0.018		
S	.000	4.06	-26.00*	0.018	0.016	
S	.002	6.22	-23.42*	0.016	0.014	FRC thermal state
S	.000	6.22	-42.35*	0.018		
S	.013	6.22	-18.92*	0.018	0.016	
NS	.485	6.16	-8.07	0.016	0.014	FRC ex vivo
S	.000	6.16	-40.35*	0.018		
S	.000	6.16	-32.28*	0.018	0.016	
NS	.777	3.23	-2.78	0.016	0.014	**Unload at 0.5mm** Niti
S	.000	3.23	-22.28*	0.018		
S	.000	3.23	-23.07*	0.018	0.016	
NS	.983	2.79	-.92	0.016	0.014	FRC DRY state
S	.000	2.79	-22.14*	0.018		
S	.000	2.79	-21.21*	0.018	0.016	
S	.029	2.25	-6.14*	0.016	0.014	FRC wet state
S	.000	2.25	-22.14*	0.018		
S	.000	2.25	-16.00*	0.018	0.016	
S	.001	3.36	-13.07*	0.016	0.014	FRC thermal state
S	.000	3.36	-24.21*	0.018		
S	.006	3.36	-11.14*	0.018	0.016	
NS	.989	3.24	-.92	0.016	0.014	FRC ex vivo
S	.000	3.24	-18.42*	0.018		
S	.000	3.24	-17.50*	0.018	0.016	
		*. The mean difference is significant at the 0.05 level.				

يبدي سلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت بمختلف الظروف فرقاً نوعياً مع ازدياد القطر عند تطبيق القوة اللازمة لحني السلك 2 مم. لا يوجد فرق نوعي بين القطر 0.014 و0.016 أنش

للقوة المتولدة الناتجة عن زوال الحمولة عند مستوى (1.5، 1، 0.5) مم لسلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت الجاف والمطبق بفم المريض، ويوجد فرق نوعي بين القطر 0.014 & 0.018، 0.016 & 0.018 أنش للأسلاك السابقة نفسها. بينما يوجد فرق نوعي مع ازدياد القطر سواء لسلك الكمبوزيت المعرض للماء أو الحرارة.

التقييم الثاني:

القوى الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية مع الحاصرات:

❖ -العينة:

تراوح حجم العينة لهذا الاختبار حوالي 15 سلك وكلها تجاوزت 80% من قوة العينة لكل الاختبارات مرفقة بالجداول.

❖ -*خطأ الطريقة Method error (Reproducibility):* كان خطأ طريقة قياس قوة الاحتكاك الساكن حسب علاقة Dahlberg يساوي 0.030 نيوتن (تقريبا 3 غ)، بمقدار ارتباط .995**

❖ -نتائج المقاومة الاحتكاكية:

يبين الجدول رقم 11 متوسطات المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والمتحركة) لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بقطر 0.014 أنش مع نوعين من الحاصرات التجميلية وبثلاث مراحل اختبار ولمختلف التجارب المطبقة.

جدول 11 متوسطات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم للقطر 14

Kinetic friction(N)			Static friction(N)					القطر 0.014	
Std. Error	Std Dev	Mean	Std. Error	Std. Dev	Mean	N	Wires	Bracket	Experiment
.008	.03	.18	.007	.02	.23	15	FRC	Poly Crystalline	Passive Status
.210	.81	.36	.167	.64	.37	15	Niti		
.007	.02	.16	.005	.021	.22	15	FRC ex vivo		
.012	.04	.17	.010	.040	.21	15	FRC	Single crystalline	
.006	.02	.17	.006	.02	.21	15	Niti		
.010	.04	.16	.022	.08	.23	15	FRC ex vivo		
.006	.02	.14	.006	.02	.19	15	FRC	poly crystalline	Active 50 status
.006	.02	.15	.007	.03	.19	15	Niti		
.004	.01	.16	.003	.01	.21	15	FRC ex vivo		
.003	.01	.14	.005	.02	.18	15	FRC	Single crystalline	
.011	.04	.15	.012	.04	.20	15	Niti		
.006	.02	.15	.008	.03	.21	15	FRC ex vivo		

.009	.03	.17	.008	.03	.21	15	FRC	poly crystalline	Active 100 status
.006	.02	.17	.011	.04	.22	15	Niti		
.004	.01	.16	.006	.02	.21	15	FRC ex vivo		
.159	.61	.32	.005	.02	.19	15	FRC	Single crystalline	
.010	.03	.17	.011	.04	.22	15	Niti		
.008	.03	.15	.011	.04	.20	15	FRC ex vivo		

-يبين الجدول رقم 12 متوسطات المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والمتحركة) لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بقطر 0.016 أنش مع نوعين من الحاصرات التجميلية وبثلاث مراحل اختبار ولمختلف التجارب المطبقة.

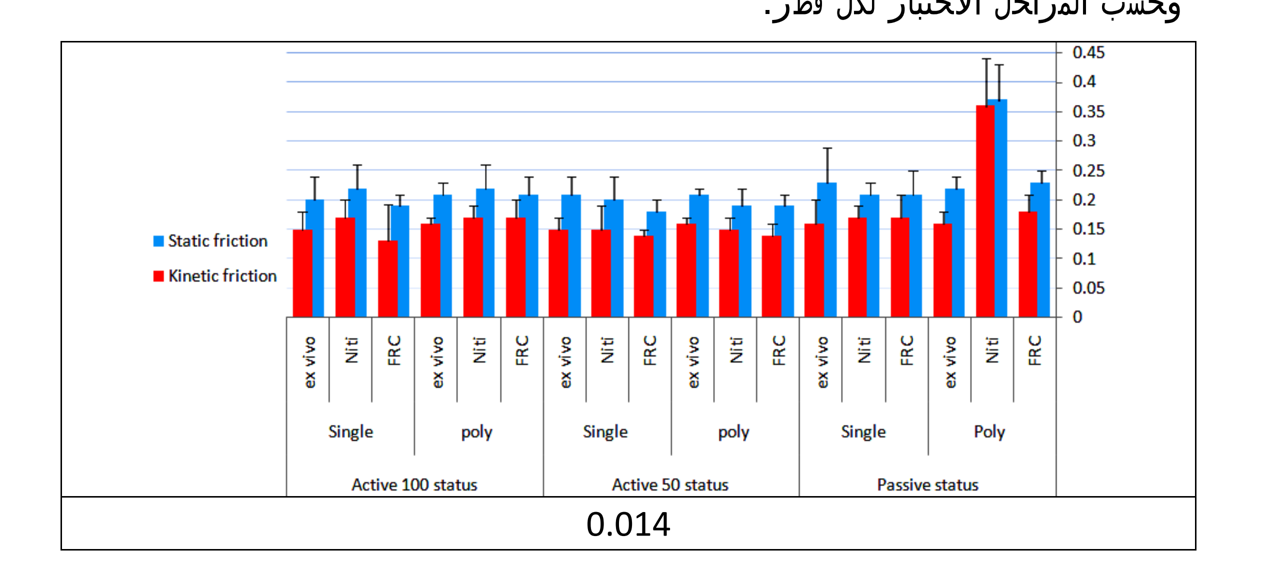
جدول 12 متوسطات المقاومة الاحتكاكية لاسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم للقطر 16

Kinetic friction(N)			Static friction(N)					القطر 0.016	
Std. Error	Std Dev	Mean	Std. Error	Std. Dev	Mean	N	Wires	bracket	Experiment
.007	.02	.17	.007	.02	.22	15	FRC	Poly crystalline	Passive status
.007	.02	.20	.009	.03	.27	15	Niti		
.007	.02	.17	.007	.02	.22	15	FRC ex vivo		
.006	.02	.17	.007	.02	.22	15	FRC	Single crystalline	
.006	.02	.24	.008	.03	.31	15	Niti		
.007	.02	.15	.008	.03	.20	15	FRC ex vivo		
.006	.02	.15	.005	.02	.20	15	FRC	poly crystalline	Active 50 status
.264	1.0	.44	.008	.03	.23	15	Niti		
.006	.02	.16	.006	.02	.21	15	FRC ex vivo		
.005	.02	.18	.008	.03	.22	15	FRC	Single crystalline	
.006	.02	.26	.013	.05	.35	15	Niti		
.006	.02	.15	.009	.03	.20	15	FRC ex vivo		
.006	.02	.15	.007	.02	.20	15	FRC	poly crystalline	Active 100 status
.005	.02	.19	.006	.02	.23	15	Niti		
.005	.02	.16	.006	.02	.21	15	FRC ex vivo		
.014	.05	.20	.021	.08	.26	15	FRC	Single crystalline	
.011	.04	.27	.01	.04	.36	15	Niti		
.007	.03	.17	.01	.042	.22	15	FRC ex vivo		

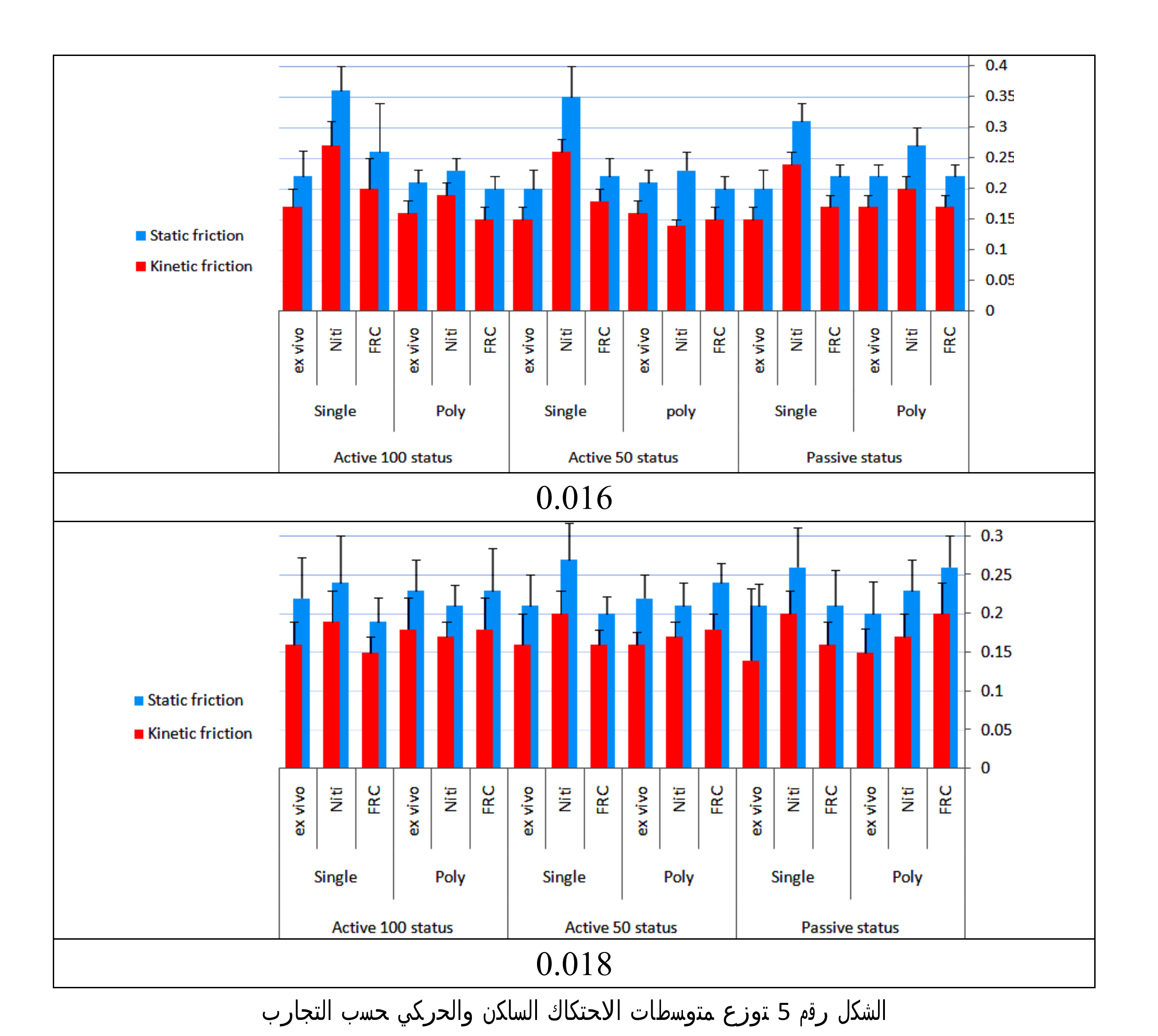
-يبين الجدول رقم 13 متوسطات المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والمتحركة) لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بقطر 0.018 أنش مع نوعين من الحاصرات التجميلية وبثلاث مراحل اختبار ولمختلف التجارب المطبقة.

جدول 13 متوسطات المقاومة الاحتكاكية لاسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم للقطر 18									
Kinetic friction(N)			Static friction(N)					القطر 0.018	
Std. Error	Std Dev	Mean	Std. Error	Std. Dev	Mean	N	Wires	Bracket	Experiment
.011	.04	.20	.010	.041	.26	15	FRC	Poly Crystalline	Passive Status
.010	.03	.17	.012	.04	.23	15	Niti		
.008	.03	.15	.011	.042	.20	15	FRC ex vivo		
.009	.03	.16	.012	.046	.21	15	FRC	Single crystalline	
.010	.03	.20	.013	.051	.26	15	Niti		
.23	.92	.40	.007	.028	.21	15	FRC ex vivo		
.006	.02	.18	.006	.025	.24	15	FRC	poly crystalline	Active 50 status
.006	.02	.17	.007	.030	.21	15	Niti		
.004	.016	.16	.008	.031	.22	15	FRC ex vivo		
.005	.019	.16	.005	.022	.20	15	FRC	Single crystalline	
.008	.03	.20	.012	.047	.27	15	Niti		
.011	.04	.16	.010	.040	.21	15	FRC ex vivo		
.011	.04	.18	.014	.054	.23	15	FRC	poly crystalline	Active 100 status
.007	.02	.17	.007	.027	.21	15	Niti		
.011	.04	.18	.010	.040	.23	15	FRC ex vivo		
.005	.02	.15	.008	.031	.19	15	FRC	Single crystalline	
.011	.04	.19	.015	.061	.24	15	Niti		
.008	.03	.16	.013	.052	.22	15	FRC ex vivo		

يظهر الشكل توزع 5 متغيرات المقاومة الاحتكاكية للأسلاك المختبرة مع نوعي الحاصرات وحسب المراحل الاختبار لكل قطر.



0.014



الشكل رقم 5 توزع متوسطات الاحتكاك الساكن والحركي حسب التجارب

مقارنة بين التجارب:

بعد إجراء تحليل One Way ANOVA للتعرف على التأثيرات الأساسية من خلال الفروق في متوسطات التجارب للقطر الواحد- الملحق الثاني- الجدول رقم 6، ومعرفة وجود فروق نوعية تم استعمال اختبار بعدي Sidak (تعديل لمعامل Bonferroni) لمعرفة أين توجد الفروقات النوعية

-يبين الجدول 14 فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والمتحركة) لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم مع نوعين من الحاصرات التجميلية بمختاف الأقطار بمرحلة اختبار الاحتكاك الحيادي مع مستوى الدلالة وفق طريقة Sidak:

جدول 14 فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بمختلف الأقطار بمرحلة الاحتكاك الحيادي											
Dependent Variable								Bonferroni	Passive Status		
.Kinetic friction(N)				Static friction(N)							
Sig.	value	Std. Error	Mean Diffe (I-J)	Sig	.value	Std. Error	Mean Diffe (I-J)	Experiment (J)	Experiment (I)	Bracket	wire diameter
NS	.90	.172	-.17	NS	.89	.137	-.144	Niti	FRC	Poly	0.014
NS	1.00	.172	.020	NS	1.00	.137	.006	FRC ex vivo			
NS	.75	.172	.199	NS	.83	.137	.150	FRC ex vivo	Niti		
NS	1.00	.014	.004	NS	1.00	.021	.001	Niti	FRC	Single	
NS	1.00	.014	.006	NS	1.00	.021	-.018	FRC ex vivo			
NS	1.00	.014	.0026	NS	1.00	.021	-.019	FRC ex vivo	Niti		
S	.005	.010	-.034*	S	.001	.011	-.046*	Niti	FRC	Poly	0.016
NS	1.00	.010	-.003	NS	1.00	.011	-.001	FRC ex vivo			
S	.014	.010	.030*	S	.001	.011	.045*	FRC ex vivo	Niti		
S	.000	.009	-.068*	S	.000	.011	-.090*	Niti	FRC	Single	
NS	.069	.009	.021	NS	.135	.011	.024	FRC ex vivo			
S	.000	.009	.090*	S	.000	.011	.114*	FRC ex vivo	Niti		
S	.061	.014	.034	S	.20	.016	.030*	Niti	FRC	Poly	0.018
S	.001	.014	.055*	S	.004	.016	.055*	FRC ex vivo			
NS	.492	.014	.020	NS	.375	.016	.025	FRC ex vivo	Niti		
NS	1.00	.194	-.041	S	.003	.015	-.055*	Niti	FRC	Single	
NS	.645	.194	-.245	NS	1.00	.015	-.006	FRC ex vivo			
NS	.907	.194	-.203	S	.011	.015	.049*	FRC ex vivo	Niti		

لا يوجد فرق نوعي بالمقاومة الاحتكاكية بين سلك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بقطر 0.014 أنش سواءً مع حاصرة الخزف أو الكريستال. بينما توجد فروق عند زيادة قطر السلك 0.016 أو 0.018 أنش مع حاصرة الخزف أو الكريستال، كذلك لا يوجد فروق بين سلك الكمبوزيت الرطب والمطبق بالفم أي فروق سواء عند استخدام حاصرة الخزف أو الكريستال.

- يبين الجدول 15 فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والمتحركة) لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم مع نوعين من الحاصرات التجميلية بمختلف الأقطار بمرحلة اختبار الاحتكاك الفعال عند وضع وزن 50 غ مع مستوى الدلالة وفق طريقة Sidak:

جدول 15 فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بمختلف الأقطار بمرحلة الاحتكاك الفعال 50غ											
.Kinetic friction(N)				Static friction(N)					Active 50 Status		
Sig.	value	Std. Error	Mean Diffe (I-J)	Sig.	Value	Std. Error	Mean Diffe (I-J)	Experiment (J)	Experiment (I)	Bracket	wire diameter
NS	1.00	.008	-.001	NS	1.00	.008	-.001	Niti	FRC	Poly	0.014
NS	.105	.008	-.018	NS	.095	.008	-.019	FRC ex vivo			

NS	.174	.008	-.016	NS	.124	.008	-.018	FRC ex vivo	Niti		
NS	1.00	.011	-.003	NS	.25	.012	-.022	Niti	FRC	Single	
NS	1.00	.011	-.010	NS	.051	.012	-.031	FRC ex vivo			
NS	1.00	.011	-.007	NS	1.00	.012	-.009	FRC ex vivo	Niti		
NS	.559	.215	-.290	S	.048	.010	-.02	Niti	FRC	Poly	0.016
NS	1.000	.215	-.011	NS	1.00	.010	-.003	FRC ex vivo			
NS	.610	.215	.278	NS	.129	.010	.0209	FRC ex vivo	Niti		
S	.000	.008	-.078*	S	.000	.014	-.130*	Niti	FRC	Single	
NS	.017	.008	.025*	NS	.468	.014	.021	FRC ex vivo			
S	.000	.008	.104*	S	.000	.014	.151*	FRC ex vivo	Niti		
NS	.325	.008	.013	NS	.148	.010	.021	Niti	FRC	Poly	0.018
NS	.135	.008	.017	NS	.237	.010	.019	FRC ex vivo			
NS	1.000	.008	.003	NS	1.00	.010	-.002	FRC ex vivo	Niti		
S	.003	.012	-.043*	S	.000	.014	-.067*	Niti	FRC	Single	
NS	1.000	.012	.001	NS	.699	.014	-.017	FRC ex vivo			
S	.002	.012	.045*	S	.003	.014	.050*	FRC ex vivo	Niti		

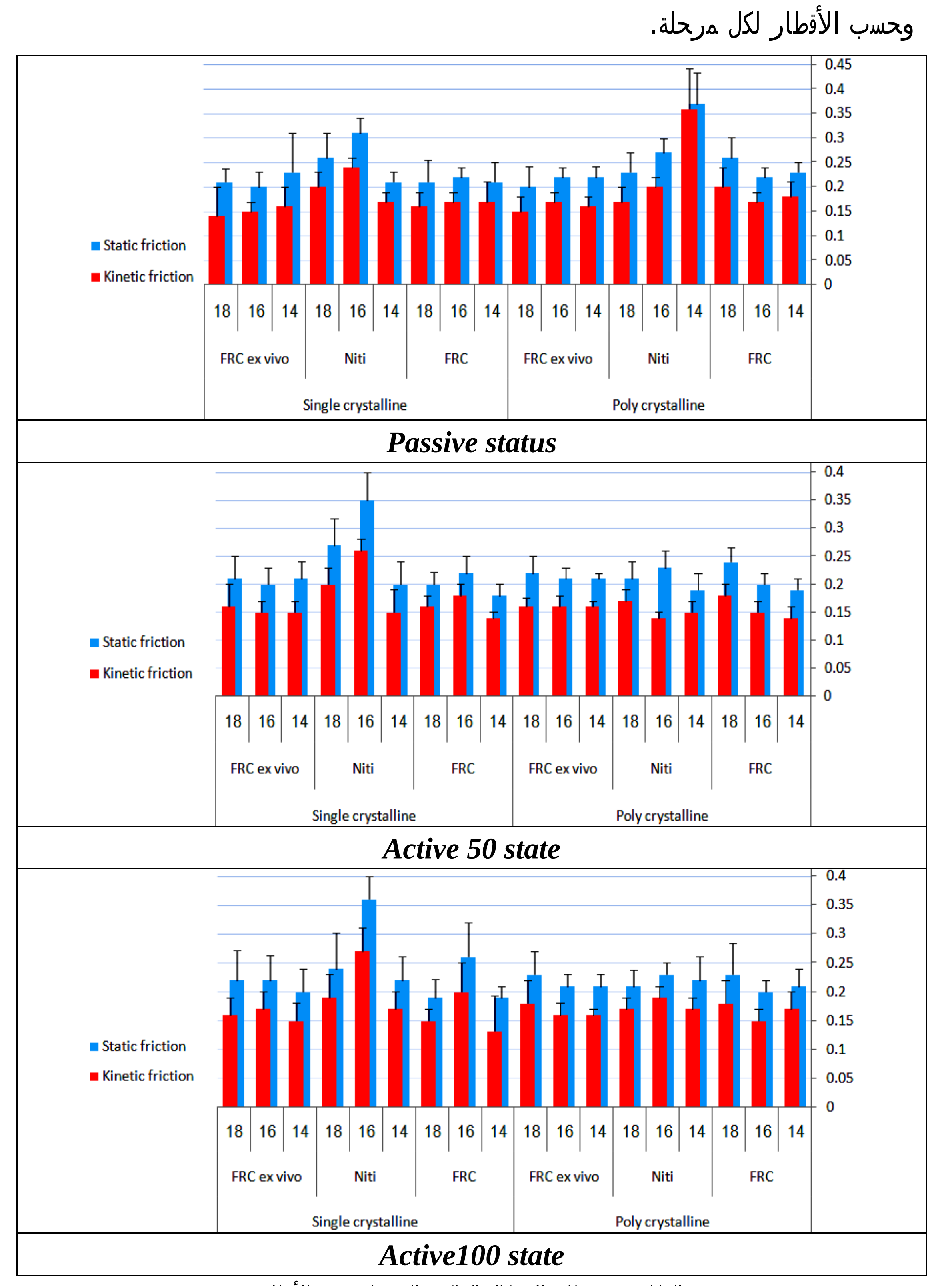
-يبين الجدول 16 فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والمتحركة) لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم مع نوعين من الحاصرات التجميلية بمختاف الأقطار بمرحلة اختبار الاحتكاك الفعال عند وضع وزن 100 غ مع مستوى الدلالة وفق طريقة Sidak:

جدول 16 فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بمختاف الأقطار بمرحلة الاحتكاك الفعال 100غ

.Kinetic friction(N)				Static friction(N)					**Active100 Status**		
Sig.	value	Std. Error	Mean Diffe (I-J)	Sig.	value	Std. Error	Mean Diffe (I-J)	Experiment (J)	Experiment (I)	Bracket	wire diameter
NS	1.00	.010	-.005	NS	1.00	.012	-.010	Niti	FRC	Poly	0.014
NS	1.00	.010	.009	NS	1.00	.012	.003	FRC ex vivo			
NS	.472	.010	.014	NS	.81	.012	.013	FRC ex vivo	Niti		
NS	.835	.130	.143	NS	.17	.013	-.027	Niti	FRC	Single	
NS	.659	.130	.163	NS	.82	.013	-.015	FRC ex vivo			
NS	1.00	.130	.019	NS	1.00	.013	.011	FRC ex vivo	Niti		
S	.000	.008	-.040*	S	.016	.010	-.029*	Niti	FRC	Poly	0.016
NS	.175	.008	-.015	NS	1.00	.010	-.009	FRC ex vivo			
S	.014	.008	.024*	NS	.139	.010	.020	FRC ex vivo	Niti		
S	.000	.016	-.076*	S	.000	.022	-.100*	Niti	FRC	Single	
NS	.465	.016	.023	NS	.325	.022	.036	FRC ex vivo			
NS	.000	.016	.100*	S	.000	.022	.136*	FRC ex vivo	Niti		
NS	1.00	.014	.008	NS	1.00	.015	.015	Niti	FRC	Poly	0.018
NS	1.00	.014	-.002	NS	1.00	.015	.002	FRC ex vivo			
NS	1.00	.014	-.011	NS	1.00	.015	-.013	FRC ex vivo	Niti		
S	.015	.012	-.03*	S	.016	.018	-.053*	Niti	FRC	Single	
NS	1.00	.012	-.010	NS	.218	.018	-.033	FRC ex vivo			
NS	.122	.012	.026	NS	.822	.018	.020	FRC ex vivo	Niti		

مقارنة بين الأقطار:

يظهر الشكل 6 توزع متغيرات المقاومة الاحتكاكية للأسلاك المختبرة مع نوعي الحاصرات وحسب الأقطار لكل مرحلة.



الشكل 6 متوسطات الاحتكاك الساكن والمتحرك حسب الأقطار

استخدم تحليل One Way ANOVA للتعرف على التأثيرات الأساسية من خلال الفروق في متوسطات التجارب لعدة أقطار بالتجربة الواحدة- الملحق الثاني- الجدول رقم 7، ومعرفة وجود فروق نوعية تم استعمال اختبار بعدي Sidak (تعديل لمعامل Bonferroni) لمعرفة أين توجد هذه الفروقات النوعية.

- يبين الجدول 17 فروق متغيرات المقاومة الاحتكاكية (الساكنة والحركية) بين أقطار الأسلاك المستخدمة لكل تجربة ولكل حاصرة ولكل مرحلة على حدى مع مستوى الدلالة وفق طريقة Sidak:

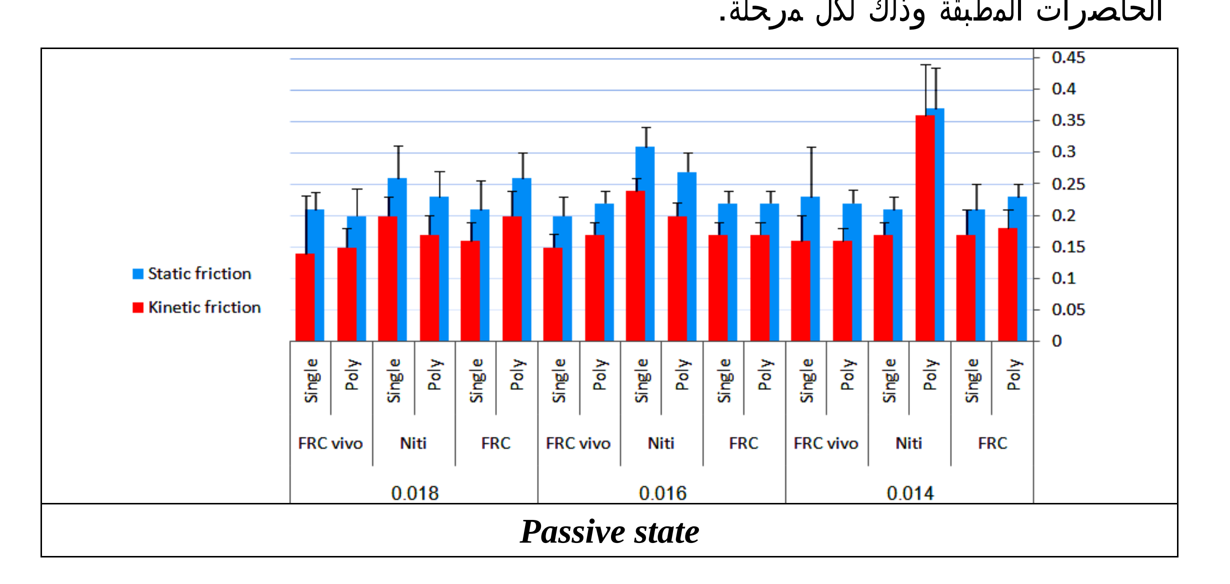
جدول 17 يبين مقارنة المقاومة الاحتكاكية حسب الأقطار

.Kinetic friction(N)				Static friction(N)							
Sig.	**value**	**Std. Error**	**Mean (I-J)**	**Sig.**	**value**	**Std. Error**	**Mean (I-J)**	**(J) diameter**	**(I) Diamete**	**Bracket**	**Wire**
NS	.91	.013	.0136	NS	1.00	.012	.0092	0.016	0.014	Poly	FRC Passive
NS	.36	.013	-.020	NS	.058	.012	-.030	0.018			
S	.03	.013	-.034*	S	.008	.012	-.039*	0.018	0.016		
NS	1.00	.013	-.002	NS	.90	.014	-.015	0.016	0.014	Single	
NS	.88	.013	.014	NS	1.00	.014	.002	0.018			
NS	.67	.013	.016	NS	.66	.014	.017	0.018	0.016		
NS	1.00	.172	.158	NS	1.00	.137	.106	0.016	0.014	Poly	Niti Passive
NS	.801	.172	.193	NS	.89	.137	.144	0.018			
NS	1.00	.172	.035	NS	1.00	.137	.037	0.018	0.016		
S	.000	.011	-.074*	S	.000	.014	-.106*	0.016	0.014	Single	
S	.021	.011	-.031*	S	.001	.014	-.053*	0.018			
S	.001	.011	.042*	S	.002	.014	.052*	0.018	0.016		
NS	1.000	.011	-.010	NS	1.000	.011	.0014	0.016	0.014	Poly	FRC ex vivo passive
NS	.612	.011	.014	NS	.361	.011	.0186	0.018			
NS	.093	.0111	.024	NS	.454	.011	.017	0.018	0.016		
NS	1.000	.194	.012	NS	.560	.020	.027	0.016	0.014	Single	
NS	.687	.194	-.237	NS	1.000	.020	.015	0.018			
NS	.616	.194	-.250	NS	1.000	.020	-.012	0.018	0.016		
NS	1.00	.008	-.007	NS	.377	.008	-.014	0.016	0.014	Poly	FRC Active 50
S	.000	.008	-.037*	S	.000	.008	-.046*	0.018			
S	.005	.008	-.030*	S	.003	.008	-.032*	0.018	0.016		
S	.000	.007	-.03*	S	.000	.009	-.046*	0.016	0.014	Single	
NS	.106	.007	-.015	NS	.074	.009	-.022	0.018			
S	.030	.007	.019*	S	.036	.009	.024*	0.018	0.016		
NS	.536	.215	-.295	S	.006	.011	-.037*	0.016	0.014	Poly	Niti Active 50
NS	1.00	.215	-.021	NS	.140	.011	-.023	0.018			
NS	.634	.215	.274	NS	.676	.011	.014	0.018	0.016		
S	.000	.012	-.110*	S	.000	.017	-.154*	0.016	0.014	Single	

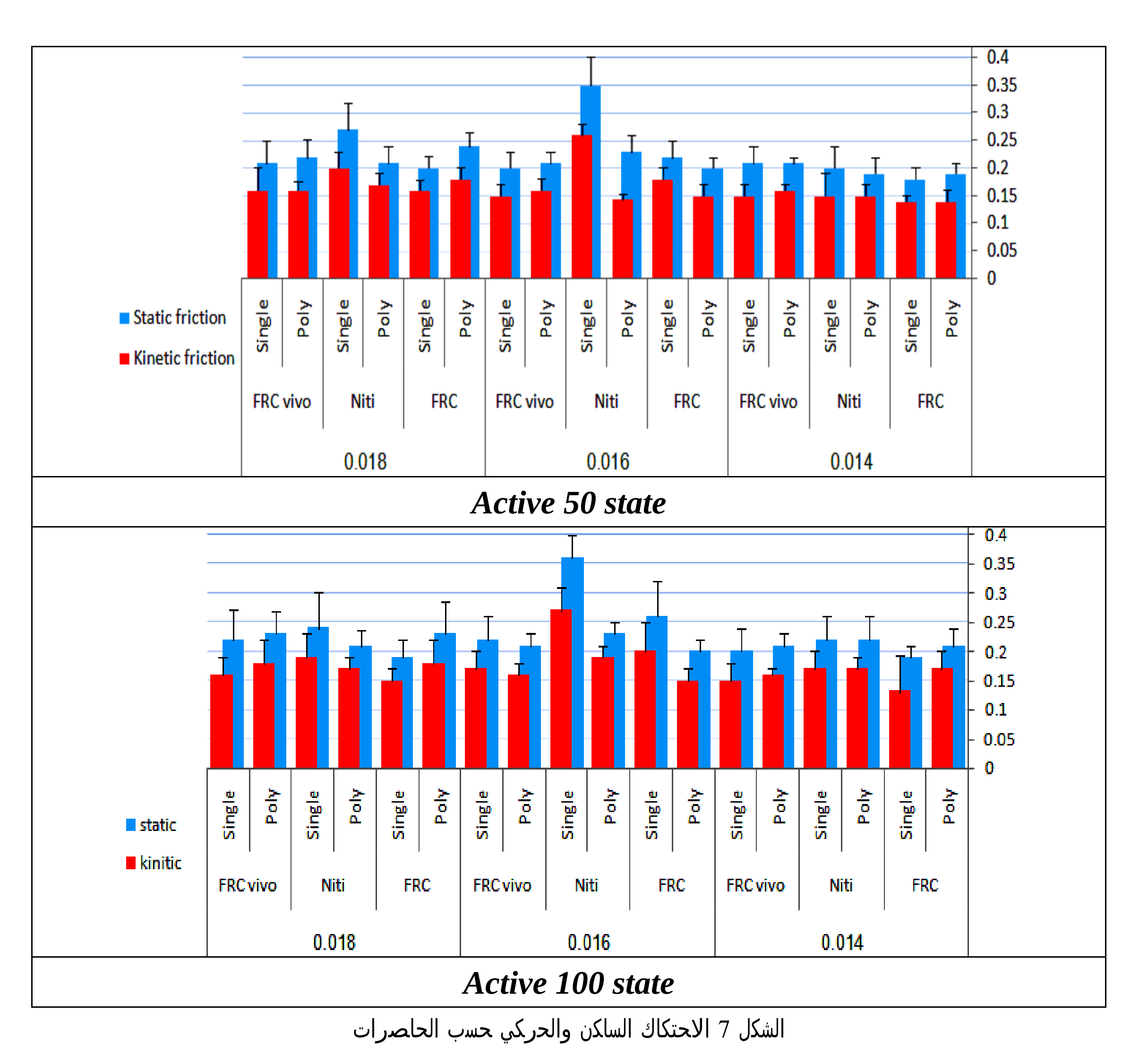
S	.000	.012	-.056*	S	.002	.017	-.067*	0.018			
S	.000	.012	.054*	S	.000	.017	.087*	0.018	0.016		
NS	1.00	.007	.000	NS	1.000	.009	.002	0.016	0.014	Poly	FRC ex vivo Active 50
NS	1.00	.007	-.001	NS	1.000	.009	-.007	0.018			
NS	1.00	.007	-.001	NS	.936	.009	-.009	0.018	0.016		
NS	1.00	.0119	.0012	NS	1.00	.013	.006	0.016	0.014	Single	
NS	1.00	.011	-.0042	NS	1.00	.013	-.007	0.018			
NS	1.00	.011	-.0054	NS	.925	.013	-.013	0.018	0.016		
NS	.238	.013	.023	NS	1.00	.014	.014	0.016	0.014	Poly	FRC Active 100
NS	1.00	.013	-.008	NS	.992	.014	-.014	0.018			
NS	.054	.013	-.032	NS	.173	.014	-.028	0.018	0.016		
NS	1.00	.131	.120	S	.003	.019	-.068*	0.016	0.014	Single	
NS	.621	.131	.168	NS	1.00	.019	.0016	0.018			
NS	1.00	.131	.047	S	.003	.019	.070*	0.018	0.016		
NS	.739	.009	-.011	NS	1.00	.012	-.005	0.016	0.014	Poly	Niti Active 100
NS	1.000	.009	.005	NS	1.000	.012	.010	0.018			
NS	.282	.009	.016	NS	.580	.012	.016	0.018	0.016		
S	.000	.015	-.099*	S	.000	.018	-.141*	0.016	0.014	Single	
NS	1.000	.015	-.013	NS	.565	.018	-.024	0.018			
S	.000	.015	.086*	S	.000	.018	.116*	0.018	0.016		
NS	1.000	.010	-.001	NS	1.000	.011	.001	0.016	0.014	Poly	FRC ex vivo Active 100
NS	.187	.010	-.020	NS	.515	.011	-.016	0.018			
NS	.247	.010	-.019	NS	.384	.011	-.017	0.018	0.016		
NS	.361	.011	-.018	NS	1.000	.017	-.016	0.016	0.014	Single	
NS	1.000	.011	-.005	NS	1.000	.017	-.016	0.018			
NS	.826	.011	.013	NS	1.000	.017	.0001	0.018	0.016		

❖ مقارنة بين الحاصرات

يظهر الشكل 7 توزع متغيرات المقاومة الاحتكاكية لأقطار الأسلاك المختبرة حسب نوعية الحاصرات المطبقة وذلك لكل مرحلة.



Passive state



الشكل 7 الاحتكاك الساكن والحركي حسب الحاصرات

استخدام اختبار T للعينات المستقلة لدراسة الفرق النوعي بين متوسطي المقاومة الاحتكاكية الناتجة عن نوعي الحاصرات المختبرة عند مستوى دلالة (0.05) جدول رقم 18.

جدول 18 مقارنة بين متوسطي المقاومة الاحتكاكية الناتجة عن نوعي من الحاصرات المختبرة

Kinetic friction(N)				Static friction(N)								
Sig.	value	Std. Error	Mean Diffe (I-J)	Sig.	value	Std. Error	Mean Diffe (I-J)	Bracket (J)	Bracket (I)	Experiment	wire diameter	
NS	.426	.014	.011	NS	.131	.012	.020	Single	Poly	FRC	0.014	Passive
NS	.361	.2104	.1956	NS	.332	.1677	.1656			Niti		
NS	.910	.0128	-.001	NS	.831	.0235	-.005			FRC ex vivo		
NS	.673	.009	-.004	NS	.693	.0106	-.004	Single	Poly	FRC	0.016	
S	.001	.010	-.037	**S**	.001	.012	-.047			Niti		
NS	.058	.009	.021	NS	.068	.011	.021			FRC ex vivo		
S	.004	.015	.047	**S**	.003	.016	.052	Single	Poly	FRC	0.018	
S	.037	.014	-.029	**S**	.081	.018	-.032			Niti		
NS	.296	.238	-.253	NS	.517	.013	-.008			FRC ex vivo		
NS	.886	.007	-.001	NS	.113	.008	.013	Single	Poly	FRC	0.014	[illegible]

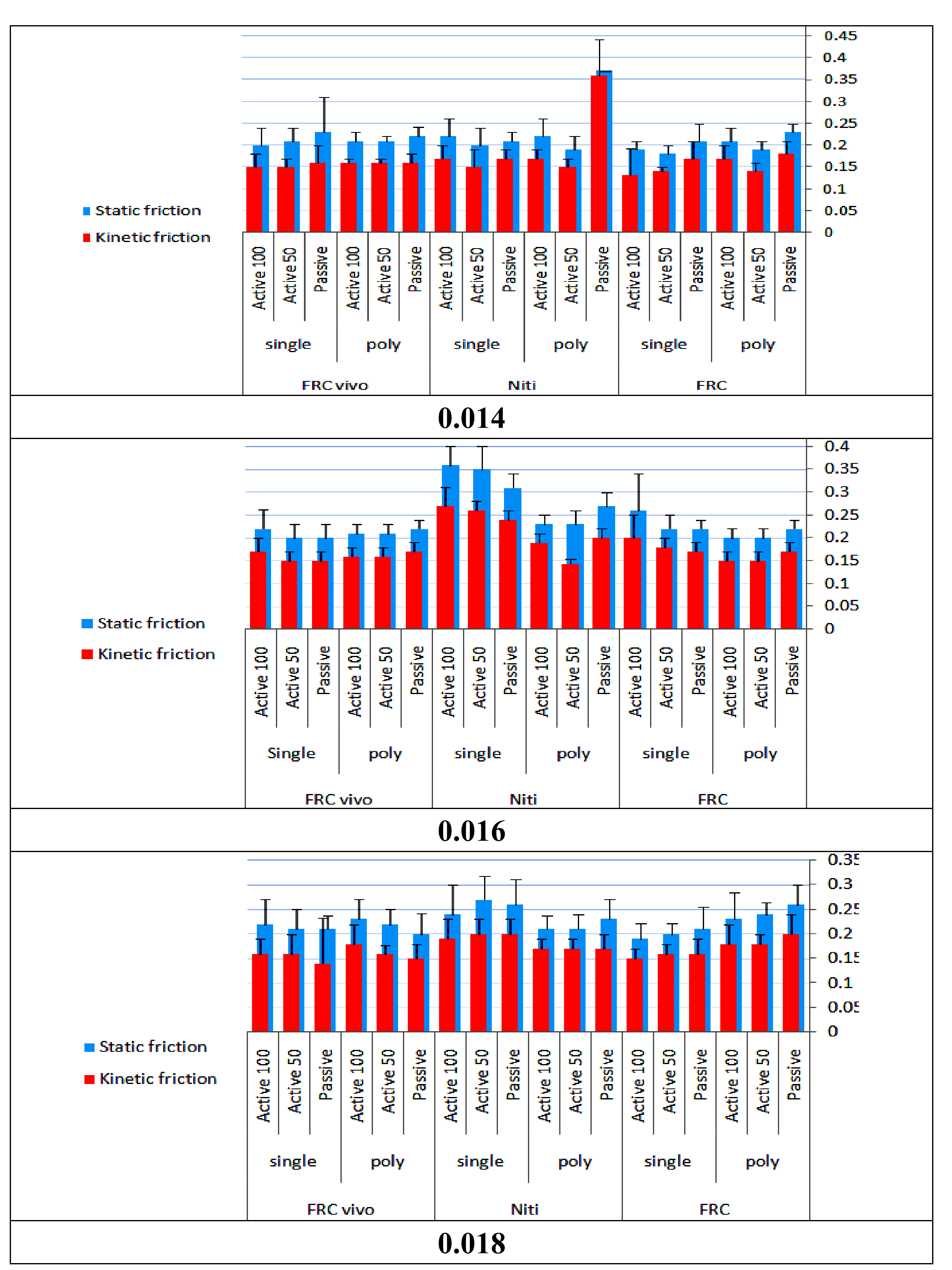
NS	.862	.0133	-.0023	NS	.586	.0145	-.008			Niti		
NS	.386	.0080	.0071	NS	.884	.0090	.0013			FRC ex vivo		
S	.002	.008	-.028	**S**	.041	.010	-.019			FRC		
S	.043	.264	.182	**S**	.000	.015	-.125	Single	Poly	Niti	**0.016**	
NS	.386	.009	.008	NS	.630	.011	.005			FRC ex vivo		
S	.018	.008	.020	**S**	.000	.008	.037			FRC		
S	.002	.010	-.037	**S**	.001	.014	-.051	Single	Poly	Niti	**0.018**	
NS	.727	.0121	.0042	NS	.929	.013	.0012			FRC ex vivo		
NS	.362	.160	-.148	NS	.057	.010	.023			FRC		
NS	.958	.0124	.0006	NS	.656	.0156	.007	Single	Poly	Niti	**0.014**	
NS	.584	.0096	.0053	NS	.720	.0132	.0048			FRC ex vivo		
S	.003	.0159	-.051	**S**	.016	.023	-.059			FRC		
S	.000	.0127	-.088	**S**	.000	.0140	-.129	Single	Poly	Niti	**0.016**	**Active 100**
NS	.220	.009	-.012	NS	.301	.012	-.013			FRC ex vivo		
S	.037	.013	.028	**S**	.021	.016	.039			FRC		
S	.208	.013	-.017	**S**	.107	.017	-.028	Single	Poly	Niti	**0.018**	
NS	.165	.014	.020	NS	.798	.017	.004			FRC ex vivo		

يبين الجدول عدم وجود فرق نوعي بين نوعي الحاصرة وجميع الأسلاك المستخدمة للقطر 0.014 انش سواءً بالمرحلة الحيادية أو الفعالة (50-100) غ، بينما أظهر سلك النيكل تيتانيوم القطر 0.016 & 0.018 أنش فرق نوعي لجميع المراحل بين نوعي الحاصرة.

لم يظهر سلك الكمبوزيت القطر 0.016 أنش فرق بالمرحل الحيادية إنما الفرق بالمرحلتين الفعالتين (50-100) غ، لكن أظهر السلك للقطر 0.018 أنش فرق بين نوعي الحاصرة لجميع المراحل. بالمقابل لم يظهر سلك الكمبوزيت المطبق بفم المريض (ex vivo) للقطر 0.016 & 0.018 أنش أي فرق بين نوعي الحاصرة سواء بالمرحلة الحيادية أو الفعالة (50-100) غ.

❖ **مقارنة بين المراحل:**

يظهر الشكل 8 توزع متغيرات تجربة اختبار الاحتكاك حسب المراحل المطبقة بالتجربة الواحدة من حيث الحاصرة و نوعية السلك وقطره.



الشكل 8 الاحتكاك الساكن والمتحرك حسب المراحل المطبقة بالتجربة

استخدم تحليل **Paired Samples Test** للمتغيرات المرتبطة بين المرحلة الحيادية والمرحلتين الفعالتين للتعرف على التأثيرات الأساسية في التجربة الواحدة من حيث الحاصرة والقطر ونوعية السلك جدول رقم 19.

جدول 19 مقارنة بين متوسط المقاومة الاحتكاكية حسب المراحل المختبرة

.Kinetic friction(N)					Static friction(N)						**Paired Samples Test**		
power	**Sig.**	**value**	**Std. Div**	**Mean**	**Power**	**Sig**	**.value**	**Std. Div**	**Mean**	**status (J)**	**status (I)**	**Bracket**	**wire diameter**
1	**S**	.003	.040	.038	1	NS	.005	.0451	.039	Active50	Passive	Poly	**0.014 FRC**
0.84	NS	.404	.054	.012	0.92	NS	.187	.043	.015	Active100			
1	**S**	.019	.038	-.026	1	NS	.020	.035	-.023	Active100	Active50		
1	NS	.055	.0474	.025	1	NS	.010	.042	.032	Active50	Passive	Single	
0.85	NS	.354	.597	-.148	1	NS	.030	.031	.019	Active100			
0.88	NS	.298	.622	-.173	1	NS	.072	.026	-.013	Active100	Active50		
0.88	NS	.324	.819	.216	0.87	NS	.288	.641	.182	Active50	Passive	Poly	**0.014 Niti**
0.90	NS	.388	.811	.186	0.88	NS	.383	.644	.149	Active100			
1	**S**	.008	.037	-.029	1	NS	.031	.053	-.033	Active100	Active50		
0.95	NS	.194	.051	.018	0.89	NS	.584	.063	.0091	Active50	Passive	Single	
0.87	NS	.540	.051	-.008	0.90	NS	.572	.058	-.008	Active100			
1	NS	.066	.051	-.026	0.96	NS	.214	.053	-.018	Active100	Active50		
0.74	NS	1.00	.035	.000	1	NS	.094	.029	.013	Active50	Passive	Poly	**0.014 FRC ex vivo**
0.81	NS	.870	.033	.001	0.91	NS	.161	.033	.012	Active100			
0.83	NS	.810	.023	.0014	0.75	NS	.935	.031	-.0006	Active100	Active50		
0.87	NS	.514	.049	.008	0.89	NS	.408	.090	.0198	Active50	Passive	Single	
0.88	NS	.416	.038	.008	0.96	NS	.205	.066	.022	Active100			
0.78	NS	.973	.036	-.0003	0.85	NS	.82	.049	.002	Active100	Active50		
1	**S**	.043	.031	.017	0.97	NS	.105	.036	.016	Active50	Passive	Poly	**0.016 FRC**
1	**S**	.035	.037	.022	0.94	NS	.108	.046	.020	Active100			
0.88	NS	.590	.031	.004	1	NS	.626	.035	.004	Active100	Active50		
0.88	NS	.535	.0413	-.006	0.76	NS	.937	.051	.001	Active50	Passive	Single	
1	NS	.083	.0527	-.025	0.96	NS	.110	.077	-.034	Active100			
0.93	NS	.287	.065	-.018	0.93	NS	.185	.097	-.035	Active100	Active50		
0.88	NS	.390	1.035	-.237	1	**S**	.003	.041	.038	Active50	Passive	Poly	**0.016 Niti**
0.95	NS	.114	.039	.017	1	**S**	.015	.052	.037	Active100			
0.89	NS	.35	1.02	.254	0.78	NS	.942	.041	-.0008	Active100	Active50		
1	NS	.059	.032	-.017	1	**S**	.005	.0451	-.038	Active50	Passive	Single	
1	**S**	.005	.038	-.033	1	**S**	.016	.0625	-.0441	Active100			
0.96	NS	.207	.047	-.016	0.87	NS	.753	.0628	-.0052	Active100	Active50		
0.88	NS	.293	.0373	.0105	0.97	NS	.110	.032	.0141	Active50	Passive	Poly	**0.016 FRC ex vivo**
0.96	NS	.197	.0301	.0105	0.92	NS	.191	.037	.013	Active100			
0.70	NS	1.000	.0278	.000	0.87	NS	.918	.0344	-.0009	Active100	Active50		
0.83	NS	.733	.031	-.002	0.78	NS	.855	.036	-.0017	Active50	Passive	Single	
1	**S**	.047	.041	-.023	0.97	NS	.185	.060	-.021	Active100			
1	NS	.065	.039	-.020	0.97	NS	.110	.045	-.020	Active100	Active50		
1	**S**	.026	.034	.022	1	**S**	.008	.029	.023	Active50	Passive	Poly	**0.018 FRC**
0.87	NS	.217	.072	.024	0.93	NS	.138	.076	.031	Active100			
0.85	NS	.887	.048	.001	0.86	NS	.615	.058	.007	Active100	Active50		
0.83	NS	.689	.039	-.004	0.78	NS	.541	.049	.008	Active50	Passive	Single	
0.85	NS	.525	.034	.005	1	NS	.087	.038	.0181	Active100			

0.87	NS	.272	.033	.009	0.91	NS	.311	.037	.010	Active100	Active50		
0.75	NS	.885	.0315	.0012	0.86	NS	.256	.049	.015	Active50	Passive	Poly	**0.018 Niti**
0.86	NS	.885	.0525	-.0020	0.87	NS	.256	.0531	.0162	Active100			
0.84	NS	.797	.0471	-.0032	0.74	NS	.917	.0437	.0012	Active100	Active50		
0.79	NS	.523	.0370	-.0062	0.78	NS	.802	.062	-.0041	Active50	Passive	Single	
0.88	NS	.475	.0541	.0102	0.84	NS	.365	.0832	.0201	Active100			
0.92	NS	.213	.0490	.0165	0.96	NS	.159	.0632	.0242	Active100	Active50		
1	NS	.075	.031	-.0157	0.92	NS	.204	.0360	-.0124	Active50	Passive	Poly	**0.018 FRC ex vivo**
1	**S**	.028	.053	-.0337	0.96	NS	.181	.060	-.0218	Active100			
0.96	NS	.108	.0406	-.0180	0.85	NS	.405	.042	-.0094	Active100	Active50		
0.90	NS	.318	.90	.24	0.89	NS	.830	.044	-.002	Active50	Passive	Single	
0.89	NS	.323	.90	.24	0.83	NS	.570	.0585	-.008	Active100			
0.78	NS	.886	.04	-.001	0.82	NS	.674	.0564	-.006	Active100	Active50		

لم يظهر سلك الكمبوزيت الرطب للقطر 0.014 أنش أي فرق نوعي بالمقاومة الاحتكاكية (الساكنة او المتحركة) مع تغير لمراحل، كذلك سلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت المطبق بالفم أي فرق نوعي بين المرحلة الحيادية وإحدى المرحلتين الفعالتين (50-100)غ. ولكن هناك فرق بالاحتكاك الحركي

هناك فرق نوعي للمقاومة الاحتكاكية لسلك النيكل تيتانيوم قطر 0.016 أنش سواء مع حاصرة الخزف أو الكريستال بتغير المراحل بين الحيادي والفعال 50 أو مع الفعال 100 ولكن لا يوجد فرق بين الفعال 50 و100 غ. لكن لا يوجد فرق نوعي بالمقاومة الاحتكاكية لسلك الكمبوزيت سواءً الرطب أو المطبق داخل الفم بقطر 0.016 أنش سواءً مع حاصرة الخزف أو الكريستال بتغير المراحل

التقييم الثالث:

<u>التغيير اللوني لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية:</u>

❖ العينة :

تراوح حجم العينة لهذا الاختبار حوالي 15 سلك وكلها تجاوز 80% من قوة العينة مرفقة بالجداول.

❖ ***وثوقية التجربة Reliability of experimental:***

1- خطأ الطريقة Method error (Reproducibility)

كان خطأ الطريقة للتغير اللوني ΔE^* *حسب علاقة* Dahlberg يساوي 0.810 وهو اقل من 1

بالتالي ΔE^* أصغر من 1 فالتغير غير مرئي، بمقدار ارتباط $.996^{**}$.

Repeatability -2

كان مقدار وثوقية إعادة القياس 960. باستعمال معامل Cronbach's Alpha

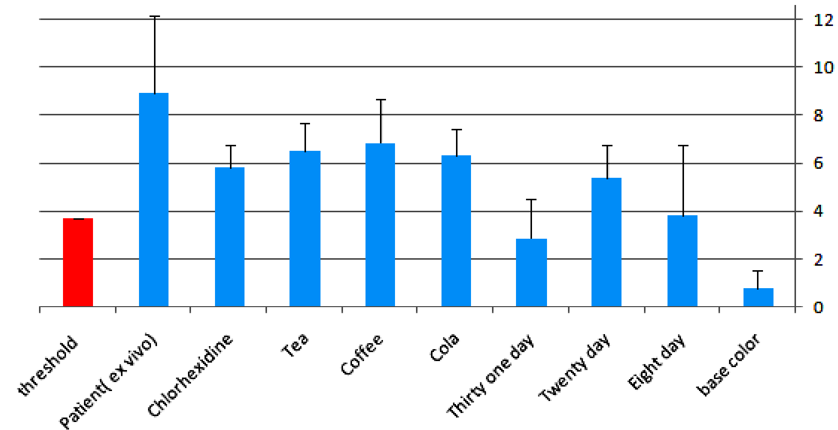
❖ نتائج التغير اللوني:

يظهر الجدول رقم 20 متوسطات التغير اللوني الحاصل على أسلاك الكمبوزيت لمختلف ظروف التجربة.

جدول 20 متوسطات التغير اللوني الحاصل على أسلاك الكمبوزيت

Std. Error Mean	Std. Deviation	Mean	N	Experiment
.1827307	.7077128	.797726	15	One day
.75576	2.92705	3.8648	15	Eight day
.35772	1.38546	5.3887	15	Twenty day
.42904	1.66167	2.8755	15	Thirty one day
.2901881	1.1238936	6.348575	15	Cola
.4775565	1.8495682	6.862858	15	Coffee
.3019538	1.1694622	6.502771	15	Tea
.2478130	.9597755	5.822606	15	Chlorhexidine
.5899871	3.2314925	8.963312	30	Patient(ex vivo)

يظهر الجدول 20 ازدياد التغير اللوني لأسلاك الكمبوزيت سواء باستخدام الملونات أو عند الغمر بالماء المقطر بالإضافة إلى التغير اللوني عند التطبيق بفم المريض، الشكل 9.



الشكل 9 متوسطات التغير اللوني لسلك الكمبوزيت بالمقارنة مع عتبة اللونية

❖ مقارنة الفروق بين اللون الأساسي واللون بعد التصبغ:

استخدم اختبار T للعينات المرتبطة لدراسة التغير اللوني للسلك مع الزمن بينما استخدم اختبار T للعينات المستقلة لدراسة التغير اللوني مع الملونات الأخرى، جدول رقم 21.

الجدول رقم 21 الفروق بين متوسطات التغير اللوني لسلك الكمبوزيت.									
power	Sig	value	Df	T	Std. Error	Mean			
1	S	.000	28	-16.187	.3429	-5.5508	Cola	one day	Independent
1	S	.000	28	-11.862	.5113	-6.0651	Coffee		
1	S	.000	28	-16.164	.3529	-5.7050	Tea		
1	S	.000	28	-16.320	.3078	-5.024	Chlorhexidine		
1	S	.000	43	-9.619	.8488	-8.1655	Vivo		
1	S	.001	14	-4.373	.701	-3.06	Eight day		Dependent
1	S	.000	14	-11.058	.415	-4.590	Twenty day		
1	S	.001	14	-4.428	.469	-2.077	Thirty one day		
0.958	NS	.109	14	-1.709	89144	-1.52383	Twenty day	Eight day	
0.836	NS	.310	14	1.054	.93843	.98928	Thirty one day		
1	S	.001	14	4.197	.59880	2.51311	Thirty one day	Twenty day	

يبين الجدول 21 وجود تغير لوني بالنسبة للون الأساسي مع الملونات الطبيعية بشكل مؤكـد إحصائياً، بالإضافة إلى تغير اللون بعد الغمر بالماء مع الزمن سواء بعد ثمانية أيام أو ثلاثين يوماً.

- ❖ مقارنة التغير اللوني لمختلف التجارب مع عتبة اللون المرئية وغير المقبولـة سـريرياً حسب تصنيف Johnston & Kao 1989

استخدم اختبار T للعينة الواحدة (*One Sample T test*) ووجد أن جميع الملونات بالإضـافة إلى الماء المقطر تتجاوز عتبة اللون المرئية، الجدول رقم 22:

الجدول رقم 22 مقارنة التغير اللوني مع عتبة اللون المرئية							
Power	Sig	Value	df	T	Mean	Test Value	Experiment
1	S	.000	14	-15.88	-2.902	**3.7**	one day
0.674	NS	.831	14	.218	.1648		Eight day
1	S	.000	14	4.721	1.688		Twenty day
1	NS	.075	14	-1.922	-.8244		Thirty one day
1	S	.000	14	9.127	2.648		Cola
1	S	.000	14	6.623	3.1628		Coffee
1	S	.000	14	9.282	2.802		Tea
1	S	.000	14	8.565	2.122		Chlorhexidine
1	S	.000	29	8.921	5.263		Vivo

يبين الجدول وجود فرق نوعي بين عتبة التغير اللوني والملونات المختبرة وبالتالي هناك فرق كبير بين تلك القيم وعتبة التغير اللوني، بينما كانت القيم سلبية بالنسبة للماء خلال اليوم الأول واليوم الواحد والثلاثين وتعبر عن قيم لم تصل إلى العتبة، كما نجد أن اللون في اليوم الثامن دون فرق نوعي ، بينما اليوم العشرين هو الوحيد الذي تجاوز عتبة التغير اللوني.

❖ مقارنة تأثير الملونات على فم المريض:

تم تحويل قيم التغير اللوني للملونات الطعامية إلى نسب للمقارنة مع التغير اللوني الحاصل بفم المريض، ثم استخدم تحليل Anova للمقارنة بين المجموعات. استخدم الاختبار البعدي (Waller-Duncan) (الخاص بالنسب المئوية) لمقارنة تأثير نسب التغير اللوني للملونات المستخدمة بالتجربة على التغير اللوني الحاصل في فم المريض، الشكل 23.

الجدول رقم 23 نسب تأثير الملونات على التغير اللوني بفم المريض						
Sig	value.	الترتيب	النسبة المئوية	Mean	N	Experiment
NS	**.089**	3	78.294	6.348575	15	Cola
NS	.608	1	84.636	6.862858	15	Coffee
NS	.165	2	80.195	6.502771	15	Tea
S	**.008**	4	71.807	5.822606	15	Chlorhexidine
			100	**8.108607**	15	**Patient**

يبين الجدول أن مشروب القهوة هو الأكثر تأثيراً في التغير اللوني على السلك بفم المريض يليه الشاي ثم مشروب الكولا ثم مطهر الكلور هكسيدين في المرتبة الأخيرة في التأثير على التغير اللوني.

❖ دراسة نسب العوامل الخفية التي تؤثر على التغير اللوني لأسلاك الكمبوزيت بفم المريض غير الملونات المستخدمة بالتجربة:

استخدمت طريقة متوسط النسبة المئوية المتجمعة Mean Cumulative percent method لدراسة النسبة المئوية للعوامل الخفية (غير المدروسة)، التي تؤثر على التغير اللوني لأسلاك الكمبوزيت بفم المريض غير الملونات الطعامية المختبرة، جدول رقم 24.

<table>
<tr><th colspan="6">جدول رقم 24 النسبة المئوية للعوامل الخفية غير المدروسة التي تؤثر على التغير اللوني غير الملونات المختبرة</th></tr>
<tr><th>Step 3</th><th>Step 2</th><th>Percentage</th><th>Maen</th><th></th><th></th></tr>
<tr><td rowspan="6">-41.239</td><td rowspan="5">58.760</td><td>8.899902</td><td>0.797726</td><td>One day</td><td rowspan="6">التغير اللوني</td></tr>
<tr><td>70.82845</td><td>6.348575</td><td>Cola</td></tr>
<tr><td>76.5661</td><td>6.862858</td><td>Coffee</td></tr>
<tr><td>72.54875</td><td>6.502771</td><td>Tea</td></tr>
<tr><td>64.96043</td><td>5.822606</td><td>Chlorhexidine</td></tr>
<tr><td></td><td>100</td><td>8.963312</td><td>Patient (ex vivo)</td></tr>
</table>

يبين الجدول 24 أن الملونات المستخدمة في التجربة تشكل حوالي 58.7% من تغير اللوني لسلك الكمبوزيت بالفم وهناك نسبة حوالي 41.2% عوامل ملونة للسلك لم تدرس.

التقييم الرابع:

قابلية التلوث الجرثومي لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية:

- *التقييم النوعي:*

تم إجراء الاختبارات لتحديد نوعية المستعمرات المكتشفة وفق المخطط Samaranayake 2007 - الملحق الرابع- الجدول رقم [9- 14].

أما الخلاصة فقد تم تمييز ثلاثة أنواع من أشكال المستعمرات، الجدول رقم 25:

الجدول رقم 25 التمييز بين أشكال المستعمرات			
الخلاصة	**المجموعة الأولى**	**المجموعة الثانية**	**المجموعة الثالثة**
هوائية وايجابية الغرام	**+**	**+**	**+**
اختبار الكاتلاز	**+**	**+**	**-**
الانحلال الدموي	**None**	**None**	**+ النوع α**
التحسس لـ اوبتاشين	**None**	**None**	**-**
التحسس لـ SXT	**None**	**None**	**+**
	Staphylo aureus	Staphylo Epidermidis	Streptococcci Viridans
مكان تواجد العينة	**السطح الدهليزي لأسنان**		
حجم المستعمرة	ذات قطر 1.5-2	قطر1 ملم	اقل من 1 ملم
النتيجة	Staphylo *Aureus*	Staphylo *Epidermidis*	Streptoc Viridans (*Mutans*)

- *التقييم الكمي*

❖ **العينة:**

تراوح حجم العينة لهذا الاختبار حوالي 30 سلكاً وكلها تجاوز 80% من قوة الاختبار مرفقة بالجداول.

❖ ***وثوقية التجربة Reliability of experimental:***

1- خطأ الطريقة Method error (Reproducibility)

كان خطأ طريقة تقييم التلوث الجرثومي باستخدام علاقة Dahlberg يساوي حوالي 27.47 مزرعة جرثومية بمقدار ارتباط **997. وهو أقل من 30 مزرعة جرثومية محددة على الأقل للعد.

2- وثوقية إعادة القياس *Repeatability*

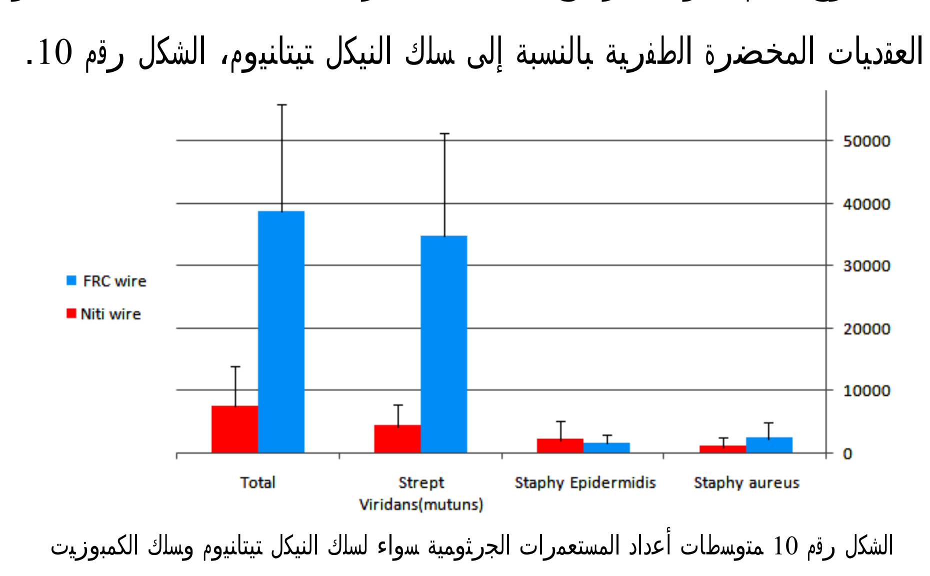
كان مقدار وثوقية إعادة القياس: 960. باستعمال معامل Cronbach's Alpha.

❖ نتائج التعداد الجرثومي الجدول 26:

الجدول رقم 26 يظهر تعداد المستعمرات الجرثومية المتشكلة على نوعي الأسلاك المختبرة.						
للتعداد الجرثومي	**FRC Wire**			**Niti Wire**		
CFU.cm2	Mean	Std Dev	Std. Error	Mean	Std. Dev	Std. Error
Staphy aureus	2380	2498	456	1053	1570	286
StaphyEpidermidis	1540	1405	256	2126	3062	559

631	3460	4340	2998	16426	34933	Strept Viridans*(mutuns)*
1166	6388	7520	3117	17076	38853	Total

يظهر الجدول 26 المتوسطات لكل نوع من المستعمرات الجرثومية المشاهدة على الأسلاك بالإضافة للمجموع العام ، لوحظ ارتفاع أعداد المستعمرات المتشكلة على أسلاك الكومبوزيت وخاصة العقديات المخضرة الطافرية بالنسبة إلى سلاك النيكل تيتانيوم، الشكل رقم 10.



الشكل رقم 10 متوسطات أعداد المستعمرات الجرثومية سواء لسلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت

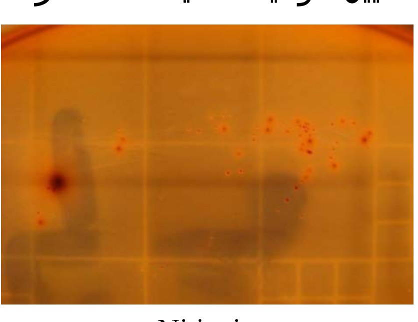
❖ **مقارنة متوسطات أعداد المستعمرات الجرثومية بين نوعي السلكين (FRC, Niti)**

بإجراء اختبار T student للعينات المستقلة لمعرفة الفروق بين المتوسطات عند مستوى دلالة (0.05)، الجدول 27- الشكل 11:

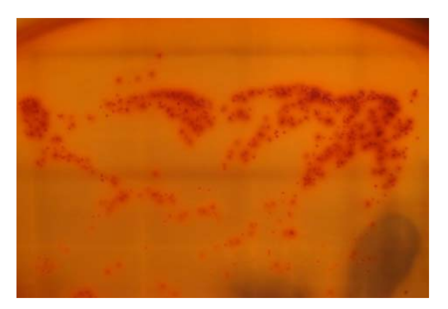
الجدول رقم 27 مقارنات أعداد المستعمرات الجرثومية المتشكلة على الأسلاك

Power	Sig. (2-tailed)	value	Std. Error	Mean Difference	CFU.cm2
1	NS	.067	538.7	1326.6	Staphy aureus
0.878	NS	.344	615.1	-586.6	StaphyEpidermidis
1	S	.000	3064.8	30593.3	Strept Viridans*(mutans)*
1	S	.000	3328.7	31333.3	Total

يظهر الجدول 27 عدم وجود فروق نوعية بين السلكيين للمستعمرات العنقوديات المذهبة والبشرية، لكن وجد فرق نوعي كبير جدا بين السلكين لنوعية العقديات المخضرة الطافرية.



Niti wire

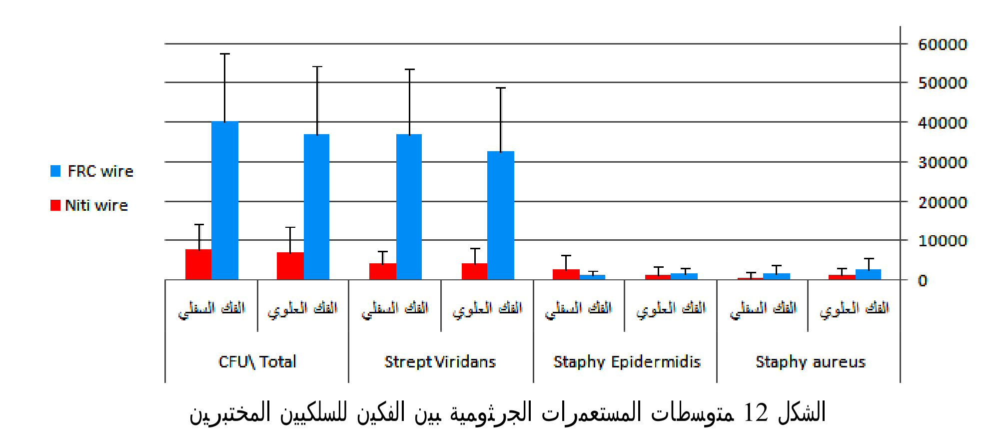


FRC wire

الشكل 11 مقارنة بين عدد المستعمرات الجرثومية على سلك المعدني او البوليمير

❖ **مقارنة متوسطات أعداد المستعمرات الجرثومية بين الفك العلوي والسفلي بالنسبة للسلكيين المختبرين:** يظهر الجدول رقم 28 متوسطات المستعمرات الجرثومية المتشكلة بين الفك العلوي والسفلي بالنسبة للسلكيين المختبرين.

جدول 28 متوسطات المستعمرات الجرثومية بين الفكين للسلكيين المختبرين							
Niti Wire			FRC Wire			للتعداد الجرثومي	
S.Error	S.Dev	Mean	S.Error	S.Dev	Mean		CFU.cm2
449	1740	1360	780	3021	2800	الفك العلوي	Staphy aureus
353	1370	746	477	1848	1960	الفك السفلي	
581	2251	1400	445	1724	1640	الفك العلوي	StaphyEpidermidis
938	3636	2853	270	1047	1440	الفك السفلي	
960	3718	4400	4245	16444	32746	الفك العلوي	Strept Viridans(*mutans*)
855	3312	4280	4306	16680	37120	الفك السفلي	
1678	6498	7160	4477	17343	37186	الفك العلوي	Total
1673	6482	7880	4452	17242	40520	الفك السفلي	



الشكل 12 متوسطات المستعمرات الجرثومية بين الفكين للسلكين المختبرين

بإجراء اختبار T student (paired) للعينات المرتبطة لمعرفة الفروق بين المتوسطات عند مستوى دلالة (0.05)، جدول رقم 29:

جدول رقم 29 مقارنة المستعمرات المتشكلة بين الفك العلوي والسفلي لمادتي السلك					
FRC wire					
power	Sig	Value	Std. Error Difference	Mean Difference	
0.873	NS	.366	914	840	العنقوديات المذهبة Staphy aureus
0.701	NS	.704	520	200	العنقوديات البشرويةStaphyEpidermidis
0.813	NS	.476	6047	-4373	العقديات المخضرةStrept Viridans
0.724	NS	.602	6314	-3333	التعداد الكامل Total
Niti wire					
0.932	NS	.293	571	613	العنقوديات المذهبة Staphy aureus
0.947	NS	.199	1104	-1453	العنقوديات البشرويةStaphyEpidermidis
0.611	NS	.926	1285	120	العقديات المخضرة Strept Viridans
0.796	NS	.764	2370	-720	التعداد الكامل Total

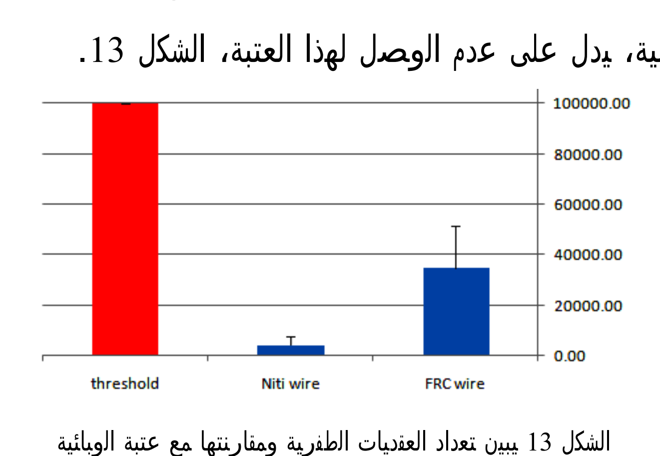
يظهر الجدول رقم 29 عدم وجود اي فرق ذو دلالة بين الفكين سواء لسلك الكمبوزيت او النيكل تيتانيوم لجميع أنواع الجراثيم المستكشفة.

❖ مقارنة العقديات المخضرة الطفرية Strept Viridans (*mutans*) المتشكلة على سلك Niti & FRC مع العتبة Low caries activity (CFU/ml =100000) باختبار T للعينة الواحدة (*One Sample T test*) لمقارنة الفرق النوعي لمتوسط الجدول رقم 30.

الجدول رقم 30 الفروق بين تعداد العقديات المخضرة الطفرية وعتبة التصنيف

Power	Sig.	Value	Mean Difference	CFU.viridans (Mutans)
1	**S**	.000	-65066.66	FRC wire
1	**S**	.000	-95660.0	NIti wire

يظهر الجدول 30 وجود فرق ذي دلالة كبيرة بين أعداد المستعمرات من نوع Strept Viridans (*mutans*) المتشكلة على سلكNiti & FRC مع العتبة Low caries activity وبما أن الفروق سلبية، يدل على عدم الوصل لهذا العتبة، الشكل 13.



الشكل 13 يبين تعداد العقديات الطفرية ومقارنتها مع عتبة الوبائية

التقييم النهائي

استعمال اختبار Odds ratios - Chi Square لدراسة الفرق النوعي بين النسب المئوية لحالات تفوق السلك المعدني على السلك FRC من خلال نتائج المقارنات للتقييمات الأربعة على الشكل التالي:

-تبين تفوق الخصائص الميكانيكية للسك النيكل تيتانيوم عن سلك الكمبوزيت بفم المريض.

-تبين زيادة الاحتكاك لسلك النيكل تيتانيوم عن سلك الكمبوزيت بفم المريض لحاصرات الخزف.

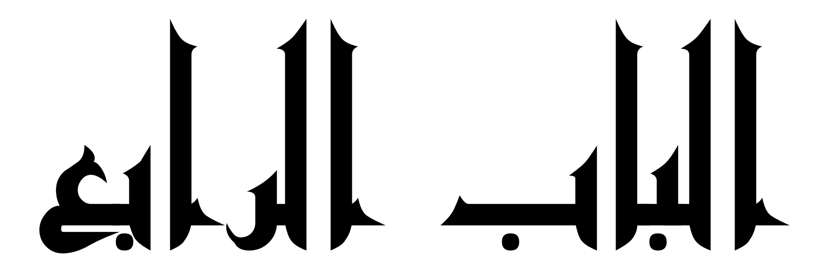
-تبين زيادة الاحتكاك لسلك النيكل تيتانيوم عن سلك الكمبوزيت بفم المريض لحاصرات الكريستال.

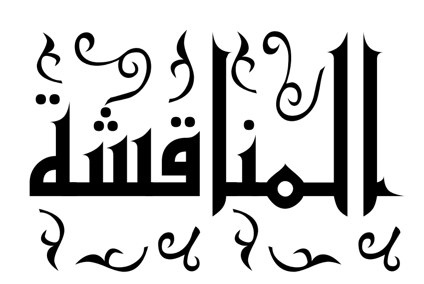
-تبين زيادة التغير اللوني لأسلاك الكمبوزيت بفم المريض بالمقارنة مع اللون باليوم الأول.

-تبين زيادة التعداد الجرثومي المتشكل عن سلك الكمبوزيت بفم المريض بالمقارنة مع سلك النيكل تيتانيوم، الجدول رقم 31.

الجدول رقم 31 اختبار odds ratios - Chi Square لمعرفة نسب النجاح بين سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت					
	عدد الحالات	**النسبة المئوية**	**قيمة اختبار**	**قيمة مستوى الدلالة**	**دلالة الفروق**
حالات التفوق	3	60%	0.840	0.041	**Sig**
حالات الفشل	2	40%			
الإجمالي	5	100%			

يوجد فرق نوعي بين النسب المئوية لحالات تفوق السلك المعدني على السلك FRC.





Discussion

المناقشة

1- التقييم الأول: *الخواص الميكانيكية للأسلاك*

تتعلق القوة المثالية لحركة الأسنان أثناء المعالجة بضغط الدم بالشعيرات للنسج حول السنية التي يجب أن تتجاوز حوالي 15 إلى 20 غ \ سم^2. تسمح القوة التقويمية بان تكون طبيعية ضمن مجال 0.5-3 نيوتن، يمكن لهذه القوة أن تولد بواسطة تشوه مرن للسلك التقويمي المتصل بالحاصرات (Yijin et al. 2004). لذلك تعتمد الحركة التقويمية على حقيقيتين هامتين أولهما: أن تكون القوة خفيفة لتقليل الاستحالة الهيالينية لتحاشي الامتصاص التالي وتسمح بالحركة السنية السريعة، ثانيا: قوة مستمرة وثابتة لاستمرار التأثير، لذلك التطبيق المتقطع للقوة غير مفضل (Rucker et al. 2002)، (Garrec et al. 2004).

1-1- مقارنة الخواص الميكانيكية لسلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت:

يفضل استخدام قوس مرن elastic في مرحلة الرصف الأولي والتسوية من المعالجة التقويمية، حيث تحتاج هذه المرحلة إلى قوى ثابتة وخفيفة أثناء الحركة التقويمية (Rucker et al. 2002). تتضمن الصفات المثالية لسلك الرصف مقاومة Strength عالية لمنع التشوه الدائم وصلابة Stiffness منخفضة لتوليد قوة منخفضة أثناء تحرر الطاقة ومجال Rang واسع من التنشيط الأعظمي، مع العلم أن نقصان الصلابة غالباً ما يترافق مع انخفاض المقاومة، لذلك يتم اختيار سلك ذي صلابة منخفضة مع وجود مقاومة مقبولة له (Rucker et al. 2002).

قُدم سلك النيكل تيتانيوم كأفضل سلك يستخدم بالمرحلة الأولية من المعالجة لتمتعه خواص مثالية كالنابضية والمرونة العالية التي تسمح بانحراف مرن كبير مع قوة خفيفة (kapila. 1989)، بالإضافة إلى إنتاج قوة ثابتة خلال الانحراف مما يقلل إزعاج للمريض ويخفض زمن جلوسه على كرسي العيادة (Rucker et al. 2002).

من جهة أخرى تعتمد الخصائص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت المقوى بالألياف كمادة غير موحدة الخواص anisotropic على قاعدة المزيج Rule of mixture (Fallis & Kusy. 2000). تعتمد على عاملين؛ الأول: نوع العامل اللاصق Silane couple agent بين الألياف والمادة الرابطة (Meric. 2007)، (Gopal. 2003) من حيث نوعية وتركيز العامل اللاصق Silane coupling agent، ولكن لم تشر الشركة المنتجة للأسلاك المختبرة إلى

تركيز أو نوعيته.

الثاني: مقدار النسبة الحجمية للألياف ضمن المادة الرابطة، فكلمـا زادت النسـبة الحجميـة للألياف مقارنةً مع المادة الرابطة ضمن الكمبوزيت، زادت الخصائص الميكانيكية (Imia et al. 1998 ،Gopal. 2003 ،Cacciafesta. 2008 ،Meric & Ruyter. 2008).

قيست النسبة الحجمية للألياف الزجاجية ضمن الأسلاك المختبرة لـدينا بحـوالي 74-76% للأقطار الثلاثة المختبرة -الملحق الأول- جدول رقم 1، وتعد من أعلى النسب في الأسـلاك حسب المقالات. هناك عامل آخر هو مقدار قطر السلك فمضاعفة قطر السلك يسـبب زيـادة الصلابة حوالي 16 مرة وزيادة المتانة 8 مرات (Nanda & Ghosh. 1997).

-الخواص الميكانيكية لسلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت:

1) معامل المرونة على الانحناء والصلابة:

يدل مصطلح معامل المرونة على مقاومة ارتباط bonding strength الذرات مع بعضها في المعدن أو الخليطة أو المواد الموحدة الخواص isotropic كالمادة الرابطة، أو انفعال السطح البيني بين الألياف والمادة الرابطة للمواد غير موحدة الخواص Anisotropic (Imia et al. 1998)، يعد معامل المرونة ثابتاً وهو مستقل عن شكل وحجم مقطع السلك (Brantley et al. 2001). بالمقابل تدل الصلابة على معدل القوة الناتجة بواحدة التنشيط، فكلما كانت الصلابة منخفضة، فإنها تقدم قوة منخفضة ومستمرة Continuous light force عند التنشيط أو الانحراف أثناء التطبيق في الحاصرات، ولكن تختلف القوة الناتجة عن تفريغ الطاقة Unload بسبب التخلفية الميكانيكية mechanical hysteresis.

تبين من خلال دراسة الخواص الميكانيكية لسلك النيكل تيتانيوم باستخدام اختبار الانحناء ثلاثي النقاط أن معامل المرونة هو 28.15 & 31.19 & 33.35 Gpa لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب. ولا فرق نوعي بين الأقطار الثلاثة $P>0.05$. لكن أظهرت القيم فرقا نوعياً بين الأقطار $P<0.05$ من خلال الصلابة Stiffness التي تتعلق بعزم العطالة للقطر أثناء اختبار الانحناء. فقد كانت الصلابة سلك النيكل تيتانيوم حوالي 231.9 Nmm^2 للقطر 0.014 أنش، و 411.7 Nmm^2 للقطر 0.016 أنش، و732.7 Nmm^2 للقطر 0.018 أنش.

توافقت تلك النتائج مع جميع الدراسات التي تؤكد أن معامل المرونة لسلك النيكل تيتانيوم تتراوح بين 31-34 Gpa (Rucker & Kusy. 2002). وبين 33.4- 44.4 Gpa حسب

دراسة (Fallis & Kusy. 2000)، و 38.9 Gpa حسب دراسة (Huang et al. 2003). بينما في دراسة لـ Garrec وزملاؤه كانت الصلابة لسلك النيكل تيتانيوم 150 & 220 $N.mm^2$ لقطر 0.016 & 0.018 أنش (Garrec et al. 2004).

كذلك بالنسبة لسلك الكمبوزيت بالحالة الجافة (منتج جاهز من الشركة)، تبين النتائج أن معامل المرونـة هـو 12.38 & 15.2 & 17.0 Gpa لقطـر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنـش بالترتيب. ولا فرق نوعي بين الأقطار الثلاثة *P>0.05*. ولكن أظهرت القيم فرقا نوعياً بـين الأقطار *P<0.05* من خلال الصلابة Stiffness التي تتعلق بعزم العطالـة inertia moment للقطر أثناء اختبار الانحناء، فقد أظهرت الصلابة لسلك الكمبوزيت حـوالي 102.0 $N.mm^2$ للقطر 0.014 أنش، و191.66 $N.mm^2$ للقطر 0.016 أنش، و374.6 $N.mm^2$ للقطر 0.018 أنش.

من جهة أخرى هناك فرق نوعي بمعامل المرونة والصلابة بين سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش، حيث شكّل سلك الكمبوزيت 44% & 46% & 51% من صلابة سلك النيكل تيتانيوم لمختلف الأقطار على الترتيب، حيث تقدم الصلابة المنخفضة قوى خفيفة وثابتة مع مرور الوقت خلال التخامد وفعالية ودقة أكبر في تطبيق القوة المحددة، وبالتالي ينتج سلك الكمبوزيت قوة خفيفة تساعد على حركة الأسنان ضمن الاستجابة النسيجية، حيث اقترح Proffit تطبيق قوة بين 20- 40 غرام لحركة الغرز لكل سن و 35-60 غرام لحركة الإمالة سواء دهليزية حنكية أو انسيه وحشية (Proffit. 2007). بينما اقترح Ricketts تطبيق 100غ/سم^2 لحركة الأسنان، وبالتالي تطبيق 20-40 غ لحركة الغرز و50-135 غرام لحركة الإمالة العرضية و40- 75 غرام لحركة الإمالة الأمامية الخلفية (Ricketts et al. 1979).

2) المقاومة على الانعطاف ومقاومة الخضوع:

ميكانيكاً تعبر مقاومة حد الخضوع عن أقصى إجهاد تتحمله المادة قبل الانتقال إلـى الحالـة اللدنة بينما تعبر المقاومة على الانعطاف عن أقصى إجهاد تتحمله المادة قبل بـدء الانهيـار (Rucker et al.2002)، تعد المقاومة على الانعطاف دائماً أكبر من مقاومة الخضوع ولـيس بالضرورة أن تزداد المقاومة على الانعطاف مع زيادة مقاومة الخضوع، حيث يمكن أن تزداد الحالة المرنة بارتفاع سقف الخضوع، وتنقص قابلية التشكيل والحني (الحالة اللدنة) دون زيادة

مقاومة الانعطاف للمادة نفسها (Rucker et al. 2002). وقد أشـار كـلّ مـن Brantley & Eliades إلى أن مقاومة الخضوع لسلك النيكل تيتانيوم حوالي 210- 410 Mpa (Brantley & Eliades. 2001b). بينما بينت دراسة Hammada وزملاؤه أن مقاومة الخضـوع لسـلك النيكل تيتانيوم بقطر 0.016 أنش هـي 1007.1 Mpa ولسـلك الكمبوزيـت مـن شـركة BioMers هي 594.9 Mpa باستخدام اختبار ثلاثي النقاط مع تثبيت السلك (وثاقـة السـلك) أثناء الاختبار (Hammada et al. 2012).

وجد من خلال دراسة الخواص الميكانيكية لسلك النيكل تيتانيوم باستخدام اختبار ثلاثي النقاط أن سلك النيكل تيتانيوم ينتج مقاومة خضوع وقدرها 102.1 & 135.33 & 166.89 Mpa لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب. ولا يوجد فرق إحصائي بين قطر 0.014 & 0.016 أنش أو قطر 0.016 & 0.018 أنش إنما ظهر الفرق الإحصائي بين القطر 0.014 & 0.018 أنش فقط.

بينما أنتج سلك الكمبوزيت بالحالة الجافة (منـتج جـاهز مـن الشـركة) مقاومـة خضـوع وقـــدرها 32.09 & 44.8 & 130.1 Mpa لقطـــر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنـــش بالترتيب. حيث لم يظهر فرق نوعي بين القطـر 0.014 & 0.016 أنـش، وظهـر فـرق نوعي بين القطر 0.016 & 0.018 أنـش وبـين القطـر0.014 & 0.018 أنـش. ويعـد شيئاً طبيعياً بسبب علاقة مقاومـة الخضـوع بـالقطر، بالإضـافة إلـى اعتبـار أسـلاك الكمبوزيت تتعرض للاجهادات أثناء التصـنيع خاصـةً الأقطـار الصـغيرة، إضـافةً إلـى طبيعتها كمادة غير موحدة الخواص (Huang et al. 2003).

بالمقابل أظهرت النتائج أن مقاومة الخضوع لسلك النيكل تيتانيوم اكبر من سلك الكمبوزيت بفارق إحصائي ذي دلالة $P<0.05$، للقطر 0.014 & 0.016. نستنتج أن سلك الكمبوزيت القطر 0.014 & 0.016 منخفض مقاومة الخضوع، ويمكن أن يتشوه بقوة أقل من سلك النيكل تيتانيوم، لكن بالرغم من أن مقاومة الخضوع لسلك النيكل تيتانيوم أكبر من سلك الكمبوزيت لقطر 0.018 أنش، إلا إنه لا يوجد فرق ذو دلالة. نستنتج أن مقاومة الخضوع على الانعطاف لسلك الكمبوزيت بقطر 0.018 أنش قد اقترب من مقاومة الخضوع لسلك النيكل تيتانيوم، وهو قد يتعلق بطبيعة زيادة المادة الرابطة والألياف المقوية نتيجة زيادة القطر، وعدم حدوث انزلاق للألياف مع المادة الرابطة بسبب زيادة نسبة المادة اللاصقة نتيجة

زيادة السطح البيني بين المادة الرابطة والألياف بالمقارنة مع الأقطار الصغيرة (Huang et al. 2003) & (Fallis & Kusy. 2000). إلا أنه بقيت مقاومة الخضوع لسلك الكمبوزيت أقل من سلك النيكل تيتانيوم مما ينتج تشوه دائم بشكل نسبي اقل من سلك النيكل تيتانيوم، وهي ميزة سيئة أثناء التطبيق السريري، لأن سلك الكمبوزيت يخضع بعد تطبيق حمولة Load وقدرها 0.19 & 0.18 &0.35 نيوتن، عند انحراف 0.89 & 0.50 & 0.45 مم لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش على الترتيب، حيث نجد أن الانحراف يقل كلما زاد القطر. بينما يخضع سلك النيكل تيتانيوم عند تطبيق حمولة وقدرها 0.28 & 0.32 & 0.45 نيوتن عند انحراف 0.44 & 0.49 & 0.53 ملم لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش، ونجد زيادة بالانحراف كلما زاد القطر بالرغم من عدم وجود فرق نوعي.

من جهة أخرى وجد من خلال دراسة الخواص الميكانيكية أن سلك النيكل تيتانيوم ينتج مقاومة على الانعطاف وقدرها 107.2 & 256.1 & 571.1 Mpa لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب، مع وجود فرق نوعي مع الأقطار الثلاثة $P>0.05$.

بينما أنتج سلك الكمبوزيت بالحالة الجافة (منتج جاهز من الشركة) مقاومة انعطاف وقدرها 104.6 & 170.3 & 541.3 Mpa لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب دون فارق إحصائي بين القطر 0.014 & 0.016 أنش إنما الفارق ذو الدلالة كان بين القطر 0.016 & 0.018 أنش و 0.014 & 0.018 أنش.

من الملاحظ وجود فرق إحصائي بين النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت بالمقاومة على الانعطاف لقطر 0.014 & 0.018 أنش، ولم يظهر فرق ذو دلالة فقط لقطر 0.016 أنش مع بقاء سلك النيكل تيتانيوم أكبر من سلك الكمبوزيت. بشكل عام نجد ارتفاع المقاومة على الانعطاف flexural strength طرداً مع زيادة القطر لسلك النيكل تيتانيوم. بينما لم يظهر سلك الكمبوزيت ارتفاع المقاومة على الانعطاف بين جميع الأقطار، إنما ظهر الفرق بين القطر 0.016 و 0.018 أنش.

3) النابضية Springback:

تتعلق النابضية بمقاومة الخضوع ومعامل المرونة حسب العلاقـة $Springback - Y_s/E$ ، فالنابضية تتأثر بمقاومة الخضوع ومعامل المرونة، فكلما كبـرت مقاومـة الخضـوع زادت النابضية، وكلما نقص معامل المرونة زادت النابضية، أي زاد مجال التشوه المـرن elastic

deform. وقد أشار كلّ من Brantley & Eliades إلى أن نابضية النيكل تيتـانيوم تتـراوح مابين 0.0058-0.016 (Brantley & Eliades. 2001b). بينما بينت دراسـة Hammada وزملاؤه ان النابضية لسلك النيكل تيتانيوم بقطر 0.016 أنش هي 0.0151 ولسلك الكمبوزيت من شركة BioMers هي 0.0159 باستخدام اختبار ثلاثي النقاط مع تثبيـت السـلك أثنـاء الاختبار (Hammada et al. 2012).

أظهر سلك النيكل تيتانيوم نابضية بنسبة وقـدرها 0.0039 & 0.0045 & 0.0049 لقطـر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب. ولا فرق نوعي بين الأقطار الثلاثـة *P>0.05*. حيث يعد النيكل تيتانيوم ذا نابضية عالية يقدم تنشيطاً كبيراً مع زيادة ثابتة في زمـن العمـل للسلك أو انحراف السلك بدون تشوه دائم (Kapila & Sachdeva. 1989).

بينما أنتج سلك الكمبوزيت بالحالة الجافة (منتج جاهز من الشركة) نابضـية نسـبة وقـدرها 0.0023 & 0.0037 & 0.0077 لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب، ولكـن وجد فرق نوعي بين الأقطار الثلاثة *P>0.05*.

بالمقابل تعد النابضية لسلك النيكل تيتانيوم أكبر من سلك الكمبوزيت للقطر 0.014 & 0.016 أنش وبوجد فارق إحصائي P<0.05 للقطر 0.014 أنش، بينما أظهر سلك الكمبوزيت للقطـر 0.018 أنش نابضية أكبر من سلك النيكل تيتانيوم بفارق إحصائي P<0.05.

4) مجال الانحراف والتحميل Rang of Load & Deflection:

وجد أن سلك النيكل تيتانيوم ينتج أعلى قوة وقدرها 0.62 & 1.04 & 1.64 نيـوتن لقطـر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب بفرق إحصائي ذي دلالة على ازديـاد القطـر، بانحراف وقدره 1.84 & 1.91 & 2.41 مم ودون دلالة إحصائية لمقدار الانحـراف. بينمـا أنتج سلك الكمبوزيت بالحالة الجافة (منتج جاهز من الشركة) أعلـى قـوة وقـدرها 0.61 & 0.69 & 1.55 نيوتن لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب دون فارق إحصائي بين القطر 0.014 & 0.016 أنش إنما الفارق ذو الدلالة كان بين القطـر 0.016 & 0.018 أنش بانحراف وقدره 3.46 & 2.65 & 3.34 مم، ولا يوجد فرق ذو دلالة إحصـائية بـين 0.014 & 0.016 أنش، إنما الفرق ذو الدلالة بين 0.014 & 0.018 أنش وبـين 0.016 & 0.018 أنش. ولكن وجد أن سلك النيكل تيتانيوم ينتج أعلى قوة بـانحراف أقـل مـن سـلك الكمبوزيت، ولكن من الناحية السريرية بناء على النتائج يعد سلك الكمبوزيت أفضل سـريرياً

بسبب انحرافه الأكبر والقوة الأقل شدةً وهي ضمن الاستجابة البيولوجية للأسـنان الخاصـة بالحركة بالإضافة إلى أن القوة الخفيفة ضمن مجال واسع من الانحراف اقل ألما وأكثر راحة لمريض التقويم. ولكن القوة الناتجة عن تنشيط سلك النيكل تيتانيوم باختلاف أقطـاره تـزداد طرداً وبوجود فارق إحصائي بينهم وبعلاقة خطية بالإضافة إلى وجود تسطح plateau بقمـة مخطط الحمولة مما يدل على ثبات القوة force constant الناتجة ضمن مسـافة 1ملـم مـن الانحراف أو التنشيط الشكل رقم 1، بينما القوة الناتجة عن سلك الكمبوزيت للقطـر 0.014، 0.016 أنش متقاربة وبدون فارق إحصائي، إنما الفرق يظهر بين القطـر 0.016 & 0.018 أنش، لذلك لا فرق من استخدام القطر 0.014 أو 0.016 أنش ولكن يظهر الفرق في تخامـد السلك أو بدرجة الانحراف (مستوى الفرق بين الحاصرات)، بالإضافة إلى عدم وجود تسطح بقمة مخطط الحمولة الشكل رقم 1.

Niti wire　　　　FRC wire

الشكل رقم 1 مخطط سلوك سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت باختبار ثلاثي النقاط لدراسة الخواص الميكانيكية

من جهة أخرى وجد أن سلك النيكل تيتانيوم يتشوه أو تنعدم القوة الناتجة (نقطة الفشل باختبار ثلاثي النقاط) عند مسافة 5.62 & 6.85 & 7.1 ملم وبعدم وجود فارق إحصائي مع ازدياد القطر بينما يفشل سلك الكمبوزيت (ينهار) عند مسافة 6.83 & 6.15 & 6.49 ملم وبعدم وجود فارق إحصائي مع ازدياد القطر. ولكن وجد فرق إحصائي بين نوعي السلكيين للقطر 0.014 أنش وعدم وجود فرق إحصائي لقطر 0.016 أو 0.018 أنش، بالتالي نجد أن سلك النيكل تيتانيوم يتشوه وسلك الكمبوزيت ينكسر بنفس مسافات انحراف أو التنشيط.

5) الشفاء Recovery (Unload force):

ينتج اختبار الانحناء bend test مخطط حمولة – انحراف، يتألف من منحنى علـوي يسـمى منحنى الحمولة ويعبر عن القوة الضرورية لحني السلك أثناء إدخاله في الحاصرة، ومنحنـى

سفلي يسمى منحنى التفريغ أو الشفاء ويعبر عن القوة الواصـلة للأسـنان أثنـاء الرصـف والتسوية، المسافة العمودية بين المنحنيين هو تأثير تخلفية المـادة hysteresis وهـو فقـدان الطاقة أثناء التفريغ (Krishnan et al. 2004)، بالإضافة إلى تأثير الاحتكاك في حـال ثبـت السلك بمطاط ربط ضمن الحاصرة (Elayyan et al. 2010)، الشكل رقم 2.

الشكل 2 رقم المنحى العلوي والسفلي والمسافة العمودية بين المنحنيين لمخطط حمولة – انحراف (Liaw et al. 2007)

وجد أن سلك النيكل تيتانيوم يحتاج إلى قوة لحني السلك باختبار ثلاثي النقاط مسافة 2 ملم بمقدار 0.67 & 1.08 & 1.83 نيوتن لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب، بوجود فرق إحصائي بين الأقطار، ويحرر تلك الطاقة عند العودة من الانحراف على مسافة 1.5 ملم بمقدار 0.37 & 0.51 & 1.01 نيوتن، بوجود فرق إحصائي بين الأقطار $P<0.05$. وعلى مسافة 1 ملم بمقدار 0.21 & 0.31 & 0.69 نيوتن. وعلى مسافة 0.5 ملم بمقدار 0.049 & 0.075 & 0.27 نيوتن للأقطار الثلاثة على الترتيب، تلك القوة هي التي سوف تتلقاها الأسنان كي تتحرك.

بينما يحتاج سلك الكمبوزيت قوة لحني السلك باختبار ثلاثي النقاط مسافة 2 ملم بمقدار 0.53 & 0.62 & 1.30 نيوتن لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب، بوجود فرق إحصائي بين الأقطار، ويحرر طاقة عند العودة من الانحراف على مسافة 1.5 ملم بمقدار 0.31 & 0.40 & 0.88 نيوتن. وعلى مسافة 1 ملم بمقدار 0.20 & 0.23 & 0.61 نيوتن. وعلى مسافة 0.5 ملم بمقدار 0.042 & 0.051 & 0.26 نيوتن.

بالمقابل وجد فرق نوعي $P<0.05$ بين سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت بمقدار القوة Load المطبقة لحني السلك مسافة 2 ملم باختبار ثلاثي النقاط لصالح سلك التيتانيوم لمختلف الاقطار الثلاثة المختبرة$P<0.05$، مما يؤكد ان سلك الكمبوزيت اقل صلابة من سلك النيكل تيتانيوم

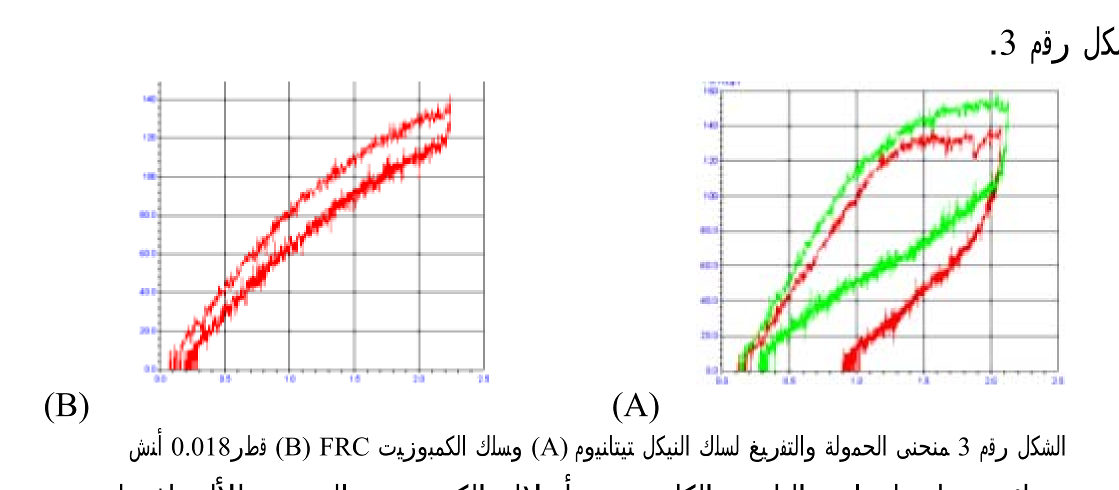
عند تطبيق القوة. ولكن المفارقة ظهرت عند تفريغ الطاقة للسك Unload حيث لا يوجد فرق نوعي بين سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت P>0.05 على مسافة 1.5 & 1 & 0.5 ملم لمختلف الأقطار المختبرة. مما يؤكد على تشابه سلك الكمبوزيت مع سلك النيكل تيتانيوم في تفريغ الطاقة الواصلة للأسنان من اجل تحريكها، ويظهر أن سلك الكمبوزيت اقل تخلفية ميكانيكية وأكثر شفاء للإجهاد مع انفعال ادن قليل من سلك النيكل تيتانيوم بالرغم من تجاوز حد الخضوع، الشكل رقم 3. قد يعود السبب إلى زيادة النسبة الحجمية للألياف (Meric & Ruyter. 2008)، (Cacciafesta. 2008)، مما عزز زيادة السطح البيني بين الألياف والمادة الرابطة وإلى جودة العامل اللاصق من التركيز والنوعية (Gopal. 2003)، (Solnit. 1991)، بالتالي زيادة المتانة والتجانس في توزع القوة المحملة على المادة الرابطة (Meric. 2007)، (Gopal. 2003)، وهو بدوره يقلل من حدوث انفعال قص على طول المسافة اللاصقة بين الألياف والمادة الرابطة ويقلل من انزلاق جزئي للمادة غير الملتصقة بين الألياف والمادة الرابطة إن وجدت، بالتالي الإقلال من التخلفية الميكانيكية mechanical hysteresis- (Imai et al. 1998).

فإذا طبق انحراف قليل ضمن الحدود المرنة، تبقى علاقة جيدة بين المادة الرابطة والألياف والسبب هو بقاء الانفعال صغير نسبياً بالنسبة للمواد غير موحدة الخواص لان معامل المرونة بين البوليمير والألياف مختلف، بالإضافة إلى وجود انفعال المسافة البينية (Imai et al. 1998). أما عند زيادة الانحراف عن الحدود المرنة وتجاوز الخضوع، فيحدث انفعال قص على طول المسافة اللاصقة بين الألياف والمادة الرابطة، ينتج عنه انزلاق جزئي بين الألياف والمادة الرابطة في الأماكن غير ملتصقة محدثاً فك بين بقية أجزاء المواد، ويعتمد الانزلاق على درجة الانحراف، فإذا كانت المادة اللاصقة جيدة وذات تركيز عالي فانه يخفف من هذا الانزلاق ويعمل على التغلب عليه (Imai et al. 1998).

طبقنا انحراف بحدود 2 ملم اكبر من الحدود المرنة واقل من الانحراف لأكبر قوة ناتجة من اجل معرفة الخواص المرنة، حيث تبين لظهور المرونة لأي مادة، يتطلب انحراف على الأقل 2 ملم لإثبات فعالية منحنى التفريغ في إنتاج قوة ثابتة من خلال منطقة التسطح في منحنى التفريغ (Rucker et al. 2002).

وجدنا تسطح plateau في منحنى الحمولة لمخطط سلك النيكل تيتانيوم بمسافة 0.5 ملم، بينما

كان التسطح في سلك الكمبوزيت اقل من 0.1 ملم. ولا يوجد تسطح واضح في منحنى التفريغ الشكل رقم 3.



(B) (A)

الشكل رقم 3 منحنى الحمولة والتفريغ لسلك النيكل تيتانيوم (A) وسلك الكمبوزيت FRC (B) قطر0.018 أنش

أظهرت نتائج مشابه لدراسة الباحث الكاتب عن أسلاك الكمبوزيت المقوى بالأليـاف لـنفس الشركة المنتجة باختبار ثلاثي النقاط ولكن مع تثبيت السلك ضمن حاصرة بحلقة مطاطية، ان القوة الناتجة عن تفريغ الطاقة على بعد 0.5 ملم بالاتجاه الأطباقي اللثوي هـي 11 & 76 & 92 غرام للأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش (الكاتب. 2012)، يمكن ان نعزو سبب زيادة القوة في دراسة الباحث الكاتب الى عامل الاحتكاك بين الحاصـرة والسـلك والحلقـة المطاطية. كذلك الأمر بينت دراسة لـ Swan & Silikas أن لا فرق نوعي بالقوة الناتجة عند تطبيق انحراف 1 مم أو 2 مم وأوعز السبب الى نوعيه اللالياف الداعمة لسـلك الكمبوزيـت بأنها غير مرنة تنكسر عند تطبيق انحراف 1 مم (Swan & Silikas. 2009).

-من جهة أخرى لا يمكن مقاربة أكثرية المقالات مع نتائجنا 100% لاختلافها بالتجربة بنقطتين أساسيتين؛ أولهما: هو تعدد المسافات بين دعامتي الاستناد Span في اختبار ثلاثي النقاط بين 5- 10 – 12 – 14 ملم، استخدمنا في دراستنا مسافة 14 ملم، بينما استخدم مسافة 20 ملم لدراسة (Alander et al. 2005)، 10 ملم لدراسة (Ohtonen et al. 2011)، 12 ملم لدراسة (Watanabe et al. 2012)، 12 ملم لدراسة (Iijima et al. 2012)، 5 ملم لدراسة (Burstone et al. 2011)، 14 ملم لدراسة (Garrec et al. 2004)، مع العلم انه كلما نقصت المسافة بين الدعامتين زادت القوة المطبقة المسببة للانحراف (Alander et al. 2005)، لعل السبب هو إبراز قوة حمولة قريبة من الاستجابة البيولوجية عند اختبار منتج جديد.

النقطة الثانية هو شروط التجربة الحالية التي استخدم فيها عينة ذات نهاية حرة free end

حسب المواصفة القياسية (ASTM D 790 Standard) لدراسة اجهادات السلك وخواص مادته فقط دون عوامل أخرى مؤثرة، بينما بقية المقالات استخدمت الحاصرات لتثبيت العينة وهو تعديل اختبار الانحناء ثلاثي النقاط ليشابه الواقع السريري بالفم، بالتالي أضيف عامل الاحتكاك بين السلك والحاصرة والربط سواء ربط سلكي أو مطاطي أو حاصرة ذاتية الربط، مما ينتج حمولة اكبر لتحقيق نفس الانحراف، مع نقص بمسافة الانحراف عند نقطة الفشل في تجربة العينة ذو النهاية الحرة، كما يسبب نقصان القوة عند تفريغ الطاقة أو عند تخامد التنشيط (Swan & Silikas. 2009, Bartezela et al. 2007, Elayyanet al. 2010, ,Watanabe et al. 2012, Iijima et al. 2012, Lombardo et al. 2012, الكاتب 2012).

يضاف إليها عامل ثالث هو النسبة الحجمية لألياف لساك الكمبوزيت أو القطر، فقـد اختبـر Gopal أسلاك كمبوزيت بقطر 0.5 ملم ونسبة حجميـة 45% (Gopal. 2003)، درس Imai وزملاؤه أسلاك شفافة بقطر 0.5 ملم بنسب حجمية مختلفة للألياف من 29-60% (Imai et al. 1998)، بينما اختبر Cacciafesta وزملاؤه أسلاك بقطر 0.6 -1.2 ملم ونسبة حجميـة (Cacciafesta et al. 2008). كذلك اختبر Huang أسلاك بنسبة حجمية 45% بقطر 0.5 ملم (Huang et al. 2003)، بينما اختبر Fallia & Kusy لأسلاك كمبوزيـت بقطـر0.56 ملـم وبنسبة حجمية 32-74% (Fallia & Kusy. 2000).

بالإضافة إلى حساسية الجهاز حيث يمتلك الجهاز المستخدم بالبحث خلية تحميل Load cell قدرها 5 كيلو نيوتن بينما البعض ذو خلية تحميل 50 نيوتن في دراسة (Huang et al. 2003)، 1 كيلو نيوتن في دراسة (Alander et al. 2005)، 20 كيلو نيوتن في دراسة (الكاتب. 2012).

بينت دراسة لـ Burstone وزملاؤه ان معامل المرونة لساك بوليمير البولي فينيلين (SRP) بحدود: 5.57 GPa، مقاومة الخضوع: 160 Mpa والمقاومة القصوى: 170 Mpa لقطر 0.020 أنش (Burstone et al. 2011).

كذلك بينت دراسة Alander وزملاؤه ان معامل المرونة والمقاومة على الانعطاف لساك كمبوزيت مقوى بالألياف FRC بقطر 1.5 ملم حوالي 36 Gpa، 1286 Mpa باختبار الانحناء ثلاثي النقاط وبمسافة بين الدعامتين 20 ملم (Alander et al. 2005).

بين Huang ان معامل المرونة ومقاومة الانعطاف لساك الكمبوزيت بقطر 0.5 ملم بنسبة

حجمية 45% هي 43.0 Gpa و830 Mpa (Huang et al. 2003).

بينما في دراسة Fallis & Kusy فقد بلغ معامل يونغ لسلك كمبوزيت بنسبة حجمية من الألياف 70% وقطر 0.022 أنش (0.56 ملم) حوالي 41.4 Gpa ومقومة الانعطاف حوالي 6900 Mpa (Fallis & Kusy. 2000).

بلغ معامل يونغ في دراسة Imai وزملاؤه لأسلاك كمبوزيت بقطر 0.5 ملم بنسب حجمية مختلفة للألياف من 30-50% حوالي 24 Gpa إلى 37 Gpa بالإضافة إلى الحمولة الاعظمية التي كانت حوالي 1.4- 2.3 نيوتن (Imai et al. 1998).

بلغ معامل المرونة والصلابة لدراسة Gopal لسلك الكمبوزيت بقطر 0.5 ملم بنسبة حجمية تقدر 45% وتركيز 2% من للعامل اللاصق مابين35 - 33 Gpa و 980- 1154 N/mm^2 (Gopal. 2003).

بينما يمتلك السلك التجميلي تحت اسم Optis لشركة TP معامل المرونة حوالي 19.5 Gpa ومقاومة على الانعطاف 660 Mpa بالمقارنة مع سلك النيكل تيتانيوم لنفس الشركة حيث كان معامل المرونة والمقاومة على الانعطاف هو 36.9 Gpa & 700 Mpa إضافة إلى تشابه منحنى التفريغ بين سلك النيكل تيتانيوم وسلك Optis التجميلي، وذلك حسب منحنيات الشركة (TP Orthodontics. Inc [Website]).

بينما لم تعط الشركة IOS المنتجة لهذه الأسلاك التجميلية أي معلومات عن الخواص الميكانيكية سوا معلومات عن اختبار الاستعادة، فقد حرر طاقة عند العودة من الانحراف على مسافة 1ملم مقدارها 100 & 125 غ للقطر 0.016 & 0.018 أنش على الترتيب (IOS [web site]) دون الإشارة إلى أسلوب معيار التجربة.

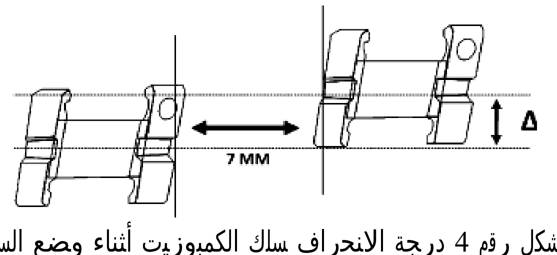
إذا اعتبرنا أن سلك النيكل تيتانيوم من الأسلاك المثالية ضمن هذه الأقطار المختبرة لمرحلة الرصف بناء على مواصفاته الميكانيكية من صلابة منخفضة ونابضية عالية وانحراف كبير بالإضافة إلى تمتعه بمقاومة جيدة، وإنتاجه قوى ثابتة للأسنان بالمقارنة مع الفولاذ غير الصدأ، من خلال الدراسات السابقة،

(Rucker et al. 2002، Garrec et al. 2004، Watanabe et al. 2012، Iijima et al. 2012، Lombardo et al. 2012)، ومن من خلال اختباراتنا.

بينما سلك الكمبوزيت المقوى بالألياف بالوضعية الجافة (منتج جاهز من الشركة) له

مواصفات معامل مرونة وصلابة اقل من النيكل تيتانيوم بحدود النصف تقريباً. لكن يمتلك مقاومة اقل من النيكل تيتانيوم، اذ يتعرض للخضوع بشكل أبكر من سلك النيكل تيتانيوم، مما يجعل سلك الكمبوزيت يدخل في مرحلة التشوه اللدن بشكل أبكر ضمن نفس مجال الانحراف مع بقاء جزء من الطاقة المرنة، مما جعله ذو نابضية أقل من سلك النيكل تيتانيوم خاصة القطر 0.014 & 0.016 أنش، بينما اظهر سلك الكمبوزيت بقطر 0.018 أنش نابضية اقرب لسلك النيكل تيتانيوم لنفس القطر. لكن وجد مجال انحراف سلك الكمبوزيت اكبر من سلك النيكل تيتانيوم تقريباً 3.46 & 2.65 & 3.34 ملم للأقطار الثلاثة المختبرة على الترتيب، لتحقيق اكبر قوة وهي بدورها اقل من قوة سلك النيكل تيتانيوم.

يمكن اعتبار سلك الكمبوزيت سلكاً فائق المرونة من خلال المخطط حمولة-انحراف، أو ما يدعى بسلك ذي مرونة كاذبة Pseudoelasticity بسبب العودة الكاملة لمسار السلك إلى نقطة منشئه، أي حدوث دورة كاملة حمولة وتفريغ (Garrec et al. 2004)، هذا المسار للعودة يولد تخلفية والتي تعتمد على كمية الطاقة المختزنة أثناء الدورة الميكانيكية. لم يتشكل تسطح بمنحى التفريغ بمعنى لا يوجد ثبات بمستوى القوة الناتجة أثناء تفريغ الطاقة. وأنتج قوة تفريغ للأقطار الثلاثة تشابه سلك النيكل تيتانيوم، بالتالي يمكن استخدام سلك الكمبوزيت لحالات الرصف والتسوية بحيث لا يتجاوز الانحراف الأعظم لكل قطر 3.46 & 2.65 & 3.34 للأقطار الثلاثة بالترتيب، بينما صرحت الشركة المنتجة IOS بإمكانية تحقيق انحراف أعظمي ما بين 3-6 & 2-3 & 2-3 ملم للأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش الشكل رقم 4.



الشكل رقم 4 درجة الانحراف سلك الكمبوزيت أثناء وضع السلك في الحاصرات (Goldberg et al. 2011)

لكن من الملاحظ ان كلا نوعي السلكيين النيكل تيتانيوم والكمبوزيت أظهرا قوة عند تفريغ الطاقة للقطر 0.014 أنش على مسافة 0.5 ملم لا تكفي لحركة الأسنان لذلك لابد من تغيير سلك لقطر اكبر لتحقيق القوة المناسبة للرصف.

1-2-العوامل المؤثرة في تعرية أسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية:

تتعرض مادة الكمبوزيت أثناء تواجدها بالحفرة الفموية إلى عوامل كيميائية وفيزيائية بشكل متقطع أو مستمر، حيث يتواجد حول الكمبوزيت اللعاب والطعام والمشاريب واللويحة، التي بدورها تسهم في التأكل الكيميائي للمادة من خلال انخفاض درجة PH اللعاب (Hammad et al. 2012) كما تتأثر المادة بالخاصة بامتصاص الماء والمذيبات الكيميائية المنحلة باللعاب بالإضافة إلى التغيرات الحرارية داخل الحفرة الفموية (Meric & Ruyter. 2007) والحمولة المتعددة من قوى الإطباق يضاف إليها عامل الزمن الذي يشكل عامل مهم سواء للمادة أو بالنسبة لزيادة التفاعلات مع المحيط (Eliades & Bourauel. 2005)، (Goldberg et al. 2011) .

1-2-1- تأثير الرطوبة Aqueous effect:

وضعت الأسلاك بالماء المقطر بدرجة 37° لمدة 31 يوما وكانت اكبر نسبة امتصاص باليوم الأول ثم تراجع تدريجي حتى اليوم السابع ثم ذروة أخرى من الامتصاص تقريبا باليوم العاشر ثم تراجع يستقر الوضع باليوم 23، بلغ متوسط الامتصاص خلال 31 يوم حوالي 1.3 -0.62 – 0.36 % للأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش، الشكل 5.

كان القطر الأصغر هو الأكثر امتصاصا للماء لعل السبب هو صغر القطر لان الأقطار الصغيرة تتعرض لاجهادات أثناء التصنيع مما يؤدي إلى تشكل فقاعات Void في بنية المادة الرابطة المقوى بالألياف مما يسبب زيادة بامتصاص الماء، فسر Morii هذه الظاهرة المعقدة بان امتصاص الماء يسبب زيادة بالوزن، وانحلال المادة الرابطة تسبب خسارة بالوزن، ثم يحدث امتصاص مع استمرار الانحلال لمنطقة السطح البيني (Morii. 1993). حيث وجد Lassila زيادة بالوزن حوالي 8.3% بعد 7 أيام من الغمر بالماء (Lassila et al. 2002).



الشكل 5 مخططات امتصاص الماء لسلك الكمبوزيت للأقطار الثلاثة خلال 31 يوما

تعمل جزئيات الماء على تعرية وتأكل الكمبوزيت بآليتين؛ الأولى: تنتشر جزئيات الماء في الشبكة البوليميرية وتحتل الأماكن الفارغة بين السلسة البوليميرية والفراغات المجهرية مسببة

تلدن وتضخم المادة الرابطة البوليميري وكذلك بداية انشقاق scission السلسلة مسببة تماص elution المونومير. الثانية: تعمل جزئيات الماء إلى تأكل وانحلال العامل اللاصق بين المادة الرابطة البوليميرية والألياف مسبباً فك الألياف وتلين الكمبوزيت وإنقاص الصفات الفيزيائية أو الميكانيكية مثل القساوة والمتانة والمرونة (Rahim et al. 2012)، حيث بينت عدة دراسات تناقص متانة الكمبوزيت حوالي 10-30 % بعد فترة من تعرضه للماء (Chai et al. 2005) بينما أظهرت دراسات أخرى أن لا تغيير في المتانة أو هناك زيادة طفيفة بمقاومة الانعطاف والمتانة بعد النقع بالماء (Ferracane et al. 1998). ولكن إذا زادت نسبة الألياف أو زادت نسبة تركيز ونوعية المادة اللاصقة نقص تأثير الماء سواء بتأثيرها على المادة الرابطة أو على السطح البيني بينها وبين الألياف (Meric & Ruyter. 2008).

بينت الاختبارات لسلك الكمبوزيت المعرض للرطوبة ارتفاعاً طفيفاً بمعامل المرونة والصلابة عن السلك بالوضعية الجافة ولكن بدون فرق إحصائي للأقطار الثلاثة المختبرة. كما لم تتأثر مقاومة الخضوع والمقاومة على الانعطاف لسلك الكمبوزيت المعرض للرطوبة وبين الجاف وبدون فارق إحصائي للأقطار المختبرة، بدورها لم تتأثر النابضية لجميع الأقطار. أما القوة الاعظمية الناتجة عن الانحراف فلا فرق نوعي بينها وبين الجاف لجميع لأقطار، كذلك الانحراف الاعظمي فلا فرق نوعي لجميع الأقطار. أما الفشل فلا فرق نوعي بالقطر 0.014 & 0.016 أنش إنما الفشل بالقطر 0.018 أنش.

أما لمخطط الحمولة والتفريغ فوجد فرق نوعي بين السلك الجاف والمعرض للرطوبة للحمولة الضرورية لحني الساك 2 ملم للقطر 0.014 أنش لصالح السلك الجاف، بينما لا يوجد فرق للقطر 0.018 & 0.016 أنش بالرغم من أن القوة الناتجة اكبر من الجاف. كما لا يوجد فرق نوعي عند تحرير تلك الطاقة عند العودة من الانحراف على مسافة 1.5- 1- 0.5 ملم لجميع الأقطار بين الجاف والمعرض للرطوبة.

نجد أن الخواص الميكانيكية لم تتأثر بالرطوبة بشكل كبير كما مثبت في الدراسات (Gopal. 2003، (Lassila et al.2002). يمكن أن يكون السبب عائد إلى زيادة النسبة الحجمية للألياف (Lassila et al.2002) حيث تشكل النسبة الحجمية للألياف في للأسلاك المختبرة هي حوالي 75 % بالمقارنة مع بقية الدراسات التي تراوحت بين 29.1- 45- 55-60.4 % (Gopal. 2003، Imia et al. 1999)، يتبع ذلك قلة نسبة المادة الرابطة المستخدمة وإلى

نوعيتها في تحسين خواصها من حيث محبة للماء أو كاره للماء، فقد تبين ان الكمبوزيت من نوع Bis-GMA اصلب واقل تخامداً مع الزمن Viscoelasticity، واقل امتصاصا للماء من الكمبوزيت من نوع PnBMA (Mckamey & Kusy. 1999)، بالإضافة إلى تركيز العامل اللاصق ونوعيته (Solnit. 1991 ،Ferracane et al. 1998).

كما يمكن تعليل السبب أن الامتصاص يسبب انتفاخ بالحجم، وبالتالي زيادة بالقطر، مما يسبب زيادة بالصلابة نتيجة القطر يعادل انخفاض الخواص الميكانيكية للكمبوزيت، وبالتالي لا يوجد فرق نوعي (Cal et al. 2000 ،Chai et al. 2004). فقد تبين ان زيادة القطر بمقدار 0.002 أنش سوف تؤدي إلى زيادة تقريبية بمقدار 50% في القوة المنتجة (Lombardo et al. 2011). بالإضافة إلى الأثر المحدود للرطوبة في نقصان الخواص الميكانيكية خـلال 30 يومـا مـن الغمر، ويظهر الأثر ضمن 6 أشهر على الأقل، ولا انخفاض بـالخواص بعـد تلـك الفتـرة (Vallittu. 2000 ،Ferracane et al. 1998). من جهة أخرى يمكن ان يكون السبب عائد إلى أسلوب التجربة فزيادة الحرارة مرتبطة بزيادة امتصاص الماء فقد غمرت الأسـلاك بالمـاء بدرجة حرارة 50° درجة مئوية أثناء إجراء التجربة في دراسة (Imai et al. 1999). وبدرجة حرارة 37° أثناء التجربة في دراسة (Musanje & Darvell. 2004). في تجربتنا، وضـعت العينات بالماء بدرجة حرارة 37° وبعد الانتهاء من التجربة أجريت التجربة بدرجـة حـرارة الغرفة 22°±2.

سريرياً: لا يوجد فرق كبير بين الخصائص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت الجاف والمعرض للرطوبة سواء الصلابة أو المقاومة أو النابضية أو القوة الناتجة عن الانحراف الاعظمي، فقط ظهر الخلاف بالقطر 0.014 أنش مع ارتباطه بارتفاع نسبة امتصاصه للماء. اعتقد أن السبب يكمن في صغر القطر، بسبب الاجهادات أثناء التصنيع مسبباً فراغات في جسم السلك تشكل نقاط ضعف. ظهر الفرق فقط في انكسار failure point سلك الكمبوزيت بالقطر 0.018 أنش بشكل أبكر، حتى عند تفريغ الطاقة لا فرق نوعي تقريباً لكل الأقطار.

1-2-2- التأثير الحراري Thermal effect:

تتضمن اختلاف الحرارة داخل الحفرة الفموية ضمن الفعالية اليومية للإنسان اختلاف حرارة الجسم وتناول الطعام أو الشراب والتدخين كذلك وجود التنفس الفموي أو الفم مغلق أو مفتوح



(Moore et al. 1999). وجد أن التغير الحراري داخل الفم خلال 24 ساعة هو بين درجة 35-37 وتعتبر الأكثر تكرارا ولكن تراوحت الحرارة بين 5.7 و58 درجة مئوية. (Moore et al. 1999).

تعمل الحرارة على زيادة امتصاص الماء وتليين المونومير، لذلك تسبب زيادة محتوى الألياف ضمن مقطع سلك الكمبوزيت في زيادة مقاومة ارتفاع درجة الحرارة وتأثيرها (Musanje & Darvell. 2004)، يظهر التأثير الحراري كلما نقص محتوى الألياف من خلال تناقص قيم الحمولة ومعامل المرونة، والفرق حوالي 10 غ بين درجة 24° و50°، كما لا يوجد اختلاف بين البوليمير الجاف والمعرض للحرارة عند الانحراف مسافة 1ملم (Imai et al. 1999). بينما أن تسخين البوليمير فوق درجة التحول الزجاجي Tg (glass transition temperature) يسبب نقصان معامل المرونة والنابضية وزيادة التشوه اللدن (Lim et al. 1994).

بينت الاختبارات لسلك الكمبوزيت المعرض للحرارة ارتفاعاً طفيفاً بمعامل المرونة والصلابة عن السلك بالوضعية الجافة ولكن بدون فرق إحصائي للأقطار المختبرة ماعدا القطر 0.016 أنش. كما لم تتأثر مقاومة الخضوع والمقاومة على الانعطاف لسلك الكمبوزيت المعرض للحرارة عن الجاف وبدون فارق إحصائي للأقطار المختبرة ماعدا القطر 0.016 أنش، بدورها لم تتأثر النابضية لجميع الأقطار. أما القوة الاعظمية الناتجة عن الانحراف فلا فرق نوعي بينها وبين الجاف لأقطار السلك المختبرة ماعدا القطر 0.016 أنش، كذلك الانحراف الاعظمي فلا فرق نوعي لجميع الأقطار. أما الفشل فلا فرق نوعي بالقطر 0.014 & 0.016 أنش إنما الفشل بالقطر 0.018 أنش.

أما لمخطط الحمولة والتفريغ فوجد فرق نوعي بين السلك الجاف والمعرض للحرارة للقوة الضرورية لحني السلك 2 ملم للقطر 0.014 & 0.016 أنش لصالح التعرض للحرارة، بينما لا يوجد فرق للقطر 0.018 أنش بالرغم من أن القوة الناتجة اكبر من الجاف. كما لا يوجد فرق نوعي عند تحرير تلك الطاقة عند العودة من الانحراف على مسافة 1.5- 1- 0.5 ملم للقطر 0.014 & 0.018 أنش، ووجد فرق نوعي عند تحرير الطاقة لصالح 0.016 أنش عن العودة من الانحراف على مسافة 1.5 -1 -0.5 ملم.

وجدت الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت المختبر زيادة بالقيم رغم عدم وجود فرق نوعي بعد تعرضها لـ 500 دورة حرارية، لذلك هناك صلادة بالأسلاك نتيجة تعرضها للحرارة،

ربما السبب هو زيادة النسبة الحجمية لألياف (Libin et al. 2009) & (Imai et al. 1999) أو استخدام بوليمير ذو ناقلية حرارية اقل من الناقلية للألياف(Meric & Ruyter. 2007)، بالإضافة إلى المعالجة الجيدة لسطح الألياف مع المادة الرابطة بنوعية وكمية من العامل اللاصق (Meric & Ruyter. 2007) كنتيجة لقلة نسبة المادة الرابطة إلى الألياف بالإضافة إلى أن اختيار 500 دورة حرارية للتطبيق على السلك على أساس أن السلك يبقى حوالي مدة 30 يوما بالفم، بينما بقية الاختبارات عن الجسور والأجهزة الكاملة من مادة البوليمير المقوى بالألياف تتعرض إلى 12000 دورة حرارية أثناء الاختبار لبقائها فترة طويلة بالفم (Meric & Ruyter. 2008)، بالإضافة إلى أسلوب التجربة الذي استند إلى إجراء الدورة الحرارية وبعد الانتهاء، يتم إجراء اختبار الميكانيكي بحرارة الغرفة 22+2°، بينما لو أجري الاختبار ضمن وعاء ذو حرارة عالية أو بدرجة حرارة 37° وهي الحرارة الأكثر تكرارا (Moore et al. 1999)، لربما اختلفت النتائج. لان الاجهادات الداخلية تنتج لسلك الكمبوزيت أثناء التغير الحراري الذي يسبب تمدد معامل الحرارة بين الألياف والمادة الرابطة مسببةً اجهادات بينية بينهما بالتالي تعب وانشطار في المادة مع الوقت عند الاستعمال السريري (Meric & Ruyter. 2008).

يعتبر اختبار الحرارة مزيج من الرطوبة والحرارة خلال قياس تأثير الدورة الحرارية بسبب استخدام الماء في تطبيق التجربة، حيث بين اختبار Odds ratios - Chi Square المخصص لتأثير ظروف التعرية من رطوبة والحرارة على سلك الكمبوزيت بالنسبة للحفرة الفموية أن الرطوبة هي الأكثر تأثيراً والذي يتحكم بسلوك مادة السلك ومع ذلك لا يوجد فرق نوعي بينها بالتأثير. فقد ظهر أن للحرارة تأثيرا متوسطاً على للخواص الميكانيكية وامتصاص الرطوبة تأثير 0.1% خلال شهر بالنتيجة لا نتوقع تأثير على الخواص الميكانيكية بكمية قليلة من الماء الممتص والحرارة خلال شهر (Goldberg et al. 2011).

سريرياً: لا يوجد فرق كبير بين الخصائص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت الجاف والمعرض للحرارة سواء الصلابة أو المقاومة أو النابضية أو القوة الناتجة عن الانحراف الأعظمي، إنما الفرق ظهر فقط في انكسار سلك الكمبوزيت القطر 0.018 أنش بشكل أبكر، حتى عند تفريغ الطاقة لا فرق نوعي تقريباً لكل الأقطار. لعل السبب زيادة النسبة الحجمية للألياف في مقطع السلك بالإضافة إلى نوعية المادة اللاصقة وتركيزها بين الألياف والمادة الرابطة بالإضافة إلى

تطبيق حرارة اقل من درجة التحول الزجاجي Tg (glass transition temperature) للمادة الرابطة المستخدمة في السلك.

1-2-3- تأثير الحفرة الفموية Oral cavity effect:

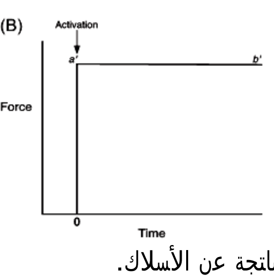
تبين باستخدام طريقة متوسط النسبة المئوية المتجمعة Mean Cumulative percent method وجود نسبة مئوية للعوامل الخفية بالحفرة الفموية لم تدرس تؤثر على الخواص الميكانيكية. حيث تتعرض الحفرة الفموية إلى تغيرات حرارية وإلى تغيرات متعددة بالحمولة من التكرار والقوة بالإضافة إلى رطوبة اللعاب وطبيعة اللعاب من حيث درجة PH. وجد انخفاض الخواص الميكانيكية لدى سلك الكمبوزيت عند تعرضه إلى انخفاض PH اللعاب الناتج عن بعض الأوساط مثل تناول الكحول والعصائر الحامضية وحتى عند تطبيق محاليل الفلور الموضعية (Hammad et al. 2012).

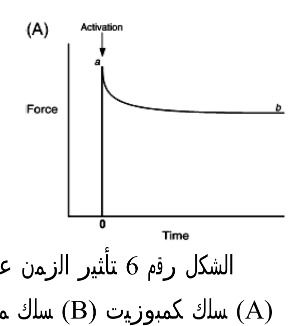
بينت الاختبارات لسلك الكمبوزيت المطبق بالحفرة الفموية عدم وجود فرق نوعي بمعامل المرونة والصلابة عن السلك بالوضعية الجافة. كما لم تتأثر مقاومة الخضوع والمقاومة على الانعطاف لسلك الكمبوزيت المطبق بالفم عن الجاف وبدون فارق إحصائي للأقطار المختبرة ماعدا القطر 0.016 أنش، بدورها لم تتأثر النابضية لجميع الأقطار ماعدا القطر 0.016 أنش. أما القوة الأعظمية الناتجة عن الانحراف فلا فرق نوعي بينها وبين الجاف لجميع لأقطار، كذلك الانحراف الأعظمي فلا فرق نوعي لجميع الأقطار. أما الفشل فلا فرق نوعي بالقطر 0.014 أنش إنما الفشل بالقطر0.016 & 0.018 أنش.

أما لمخطط الحمولة والتفريغ فوجد فرق نوعي بين السلك الجاف والمطبق بالفم لصالح السلك الجاف للقوة الضرورية لحني السلك 2 ملم للقطر 0.014 أنش ولا فرق نوعي للقطر 0.018 & 0.016 أنش بالرغم من بقاء قيم السلك الجاف أعلى من المطبق بالفم، كما لا يوجد فرق نوعي عند تحرير تلك الطاقة عند العودة من الانحراف على مسافة 1.5- 1- 0.5 ملم للقطر 0.016 & 0.018 أنش ، ووجد فرق نوعي عند تحرير الطاقة لصالح السلك الجاف بقطر 0.014 أنش عن العودة من الانحراف على مسافة 1.5 - 1 - 0.5 ملم.

تتعرض أي مادة بالحفرة الفموية إلى قوى المضغ التي تتراوح بمعدل بين 32- 80 دورة بالدقيقة (Picton. 1964 In: Mantel. 2011) وبسرعة المضغ يمكن أن تصل إلى 2000 ملم/د (Eliades & Bourauel. 2005) ، هذه القيمة تسبب تحطم وانهيار في جسم الكمبوزيت

بسبب معدل الحمولة المتكرر. من جهة أخرى يجب أن لا ننسى عامل الزمن عند تطبيق سلك الكمبوزيت على الأسنان داخل الحفرة الفموية (Goldberg et al. 2011)، فتأثير شدة القوة الناتج عن الانحراف يعتمد على مستوى الإجهاد والزمن، حيث تنخفض القوة بمقدار 10-30% من القوة الأولية عند تجاوز فترة 48 ساعة، الشكل رقم 6 (Goldberg et al. 2011). وينقص الإجهاد ويحدث الشفاء للسلك إذا تحركت الأسنان إلى موقع جديد.





الشكل رقم 6 تأثير الزمن على القوة الناتجة عن الأسلاك.
(A) سلك كمبوزيت (B) سلك معدني (Goldberg et al. 2011)

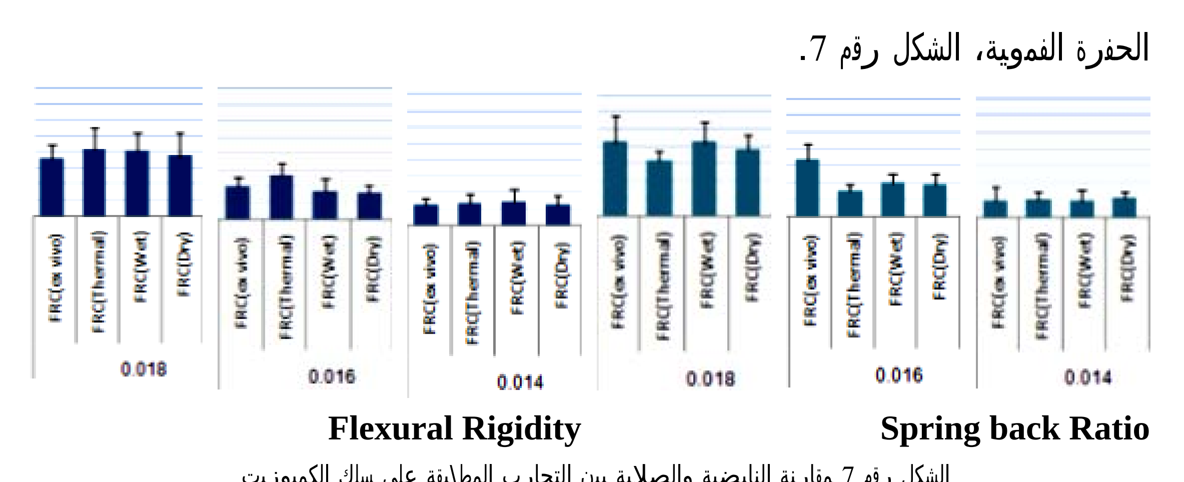
فإذا كانت الإزاحة على السلك المعدني تحت مقاومة الخضوع فلا يحدث تشوه دائم سواء تم إزالة التشوه فورا أو بعد فترة من الزمن، تبقى القوة الناتجة عن الانحراف ثابتة بدون تغير. أما الإزاحة الأولية تحت مقاومة الخضوع المطبقة على سلك البوليمير فلن تنتج تشوه أولي، ولكن مع مرور الوقت القوة سوف تنقص والتشوه سوف يزداد، أما إذا كانت الإزاحة الأولية فوق مقاومة الخضوع، فالقوس المعدني يظهر تشوها دائماً ولا يتغير مع الزمن، وتبقى القوة الناتجة عن وضع السلك بالحاصرة ثابتة. بينما تتأثير الإزاحة الأولية فوق مقاومة الخضوع على سلك الكمبوزيت، حيث تنخفض القوة خلال 48 ساعة ويصبح التشوه دائم ويعتمد على الزمن للشفاء مع ضياع جزء من التشوه والقوة. أي ضياع جزء من القوة المتحررة نتيجة الزمن سوف يحرك الأسنان لموقع جديد، بالتالي ينقص الانفعال سامحاً بإمكانية شفاء جزء من الاجهادات المتحررة stress relaxation (Goldberg et al. 2011).

تسبب التغيرات الحرارية شقوق مجهرية microcrake في بنية المادة الرابطة البوليميرية في سلك الكمبوزيت (Lee. 2005)، مما يزيد في اختراق الماء مسبباً ضعف في بنية الكمبوزيت ويساعد في كسر السلك نتيجة الحمولة المطبقة المتكررة في الفم.

تسبب الحموضة من خلال تراكم اللويحة أو تناول الكحول من خلال المشاريب الحامضة أو التطبيق الموضعي للفلور acidic fluoride خللا للعامل اللاصق، حيث تبين أن الفلورايد المطبق موضعيا لمدة 15 يوم يسبب إزالة البلمرة depolymerization للمسافة بين الألياف

والمادة الرابطة، بالتالي فقدان الألياف الداعمة للمادة الرابطة مما يسبب نقصان معامل المرونة ومقاومة الخضوع والنابضية لسلاك الكمبوزيت (Hammad et al. 2012).

سريرياً: سببت الرطوبة والحرارة ارتفاعاً طفيفاً بالخواص الميكانيكية رغم عدم وجود فرق نوعي، يمكن اعتبار ذلك الارتفاع معاوضاً لانخفاض الخواص نتيجة العوامل الأخرى داخل الحفرة الفموية، الشكل رقم 7.



الشكل رقم 7 مقارنة النابضية والصلابة بين التجارب المطابقة على سلاك الكمبوزيت

مما اظهر عدم وجود فرق نوعي بين سلاك الكمبوزيت الجاف والمطبق بالفم ضمن الفترة المطبقة جدول رقم (3-4). ظهر الفرق في نقطة الفشل حيث ظهر الكسر للقطر 0.016 & 0.018 أنش. ولكن ظهرت المشكلة بالقطر 0.014 أنش عند توليد القوة أو تفريغها لصالح السلك الجاف، فقد تأثر القطر 0.014 أنش بالعوامل داخل الحفرة الفموية.

2- التقييم الثاني: المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت:

يسبب التماس بين الأسلاك وشق الحاصرة ضياع جزء من القوة المطبقة أثناء الحركة السنية التقويمية، مقللة من فعالية الجهاز التقويمي (Kusy & Whitley. 1999a)، نتيجة نقصان مقدار القوة المتبقية اللازمة لتحقيق الاستجابة البيولوجية المثالية لحركة الأسنان، حيث تتراوح قيمة القوة الضائعة بفعل الاحتكاك من 12- 60 % من قيمة القوة المطبقة .Hain et al) 2003)، مما يدفع الطبيب المقوم إلى زيادة القوة المطبقة على الأسنان المراد تحريكها لتعويض النقص، وهو بدوره يسبب زيادة القوة على الأسنان الداعمة مما يؤدي إلى انسلالها مسببةً خسارة الإرساء (Southard & Marshall. 2007).

حدد عاملان يؤثران على كمية الاحتكاك أثناء الانزلاق هما طبيعة المواد المتماسة وهو ما تم دراسته من حيث نوعية السلك والحاصرة والثاني: القوة المطبقة بين تلك السطوح (Hain et

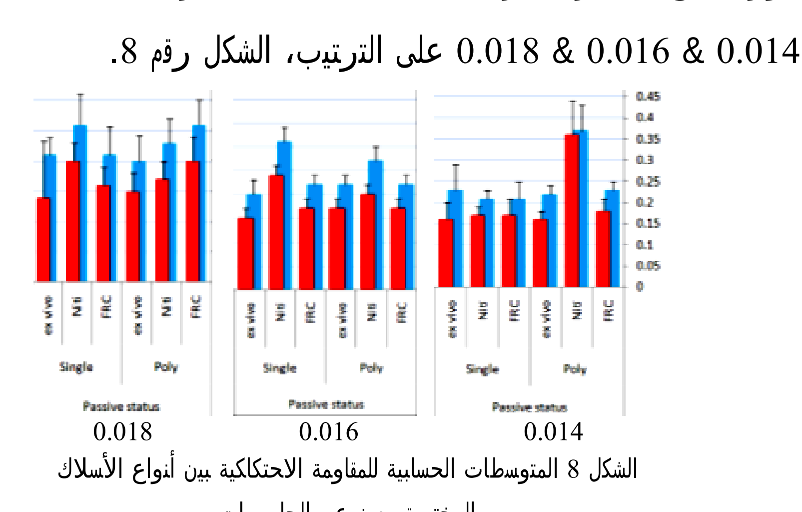
al. 2003)، حيث تم توحيد القوة الناظمة باستخدام نوع واحد من المطاط يتميز بلونه الشفاف الذي يعتبر اقل احتكاكا من الملون (Dowling et al. 1998) واقل ثخانة للحلقة المطاطية لتخفيف الاحتكاك (Chimenti et al. 2005).

2-1- *مقارنة المقاومة الاحتكاكية لسلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت بالوضع الحيادي:*

يبدي سلك النيكل تيتانيوم مقاومة احتكاكية أعلى من سلك الفولاذ واخفض مـن سـلك البيتـا تيتانيوم (Doshi & Bhad-Patil. 2011)، (Tidy. 1989). ربط الـبعض زيـادة المقاومـة الاحتكاكية بالخشونة مما يخلق احتكاك أعلى (Garner et al. 1989 In: Smith et al. 2003) وبين البعض الأخر أنّه ليس لخشونة السطح ارتباط بالمقاومة الاحتكاكيـة (Doshi & Bhad-Patil. 2011)، فكيمياء السطح او التجاذب الكيميائي يلعب دور فعال في إجمـالي المقاومـة الاحتكاكية. بينما وجد yamagata وزملاؤه أن الخواص الاحتكاكية لكـلا النيكـل تيتـانيوم والبوليمير متشابه عند استخدام حاصرة الخزف (Yamagata et al. 1995).

أظهرت النتائج أن لسلك النيكل تيتانيوم احتكاكاً ساكناً بينه وبين حاصرة الخزف مقداره 0.37 & 0.27 & 0.23 نيوتن للأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش على الترتيب، كذلك اظهر سلك الكمبوزيت احتكاكاً ساكناً بينه وبين حاصرة الخزف مقداره 0.23 & 0.22 & 0.26 نيوتن للأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش على الترتيب.

من جهة أخرى اظهر سلك النيكل تيتانيوم مع حاصرة الكريستال احتكاكاً ساكناً بمقدار 0.21 & 0.31 & 0.26 نيوتن للأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 على الترتيب. بينما اظهر سلك الكمبوزيت مع حاصرة الكريستال احتكاكاً ساكناً بمقدار 0.21 & 0.22 & 0.21 نيوتن للأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 على الترتيب، الشكل رقم 8.



الشكل 8 المتوسطات الحسابية للمقاومة الاحتكاكية بين أنواع الأسلاك المختبرة مع نوعي الحاصرات

تبين النتائج ارتفاعاً طفيفاً بقيمة الاحتكاك الساكن لسلك النيكل تيتانيوم بقطر 0.014 أنش مع حاصرة الخزف بالمقارنة مع سلك الكمبوزيت، ولكن لا يوجد فرق جوهري بين سلك النيكل تيتانيوم وسلك الكمبويت P>0.05. كذلك لا يوجد فرق جوهري بين النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت بقطر 0.014 أنش عند استخدام حاصرة الكريستال. بينما أظهرت قيم الاحتكاك الساكن لسلك النيكل تيتانيوم ارتفاعا واضحاً ذات دلالة بينه وبين سلك الكمبوزيت لقطر 0.016 & 0.018 أنش سواء عند استخدام حاصرة الخزف او الكريستال *P<0.05*. يعتبر سطح النيكل تيتانيوم ذو سطح غير منتظم بينما سطح سلك البوليمير يبدي سطحا أكثر انتظاماً (Bandeira et al. 2011)، لكن تبين ان خشونة البوليمير هي 0.08 ميكرومتر (مخبر الفيزياء) بينما خشونة النيكل تيتانيوم 0.076 ميكرومتر (Doshi & Bhad-Patil. 2011) ومع ذلك أبدى سلك الكمبوزيت مقاومة احتكاكية ساكنة اقل من سلك النيكل تيتانيوم مع فرق نوعي بينهما للقطر 0.016 & 0.018 أنش ولا فرق نوعي للقطر 0.014 أنش في دراستنا، مما يعزز فرضية أن لخشونة السطح ليس لها ارتباط بالمقاومة الاحتكاكية (Doshi et al. 2011). إنما يمكن أن يكون لكيمياء السطح أو التجاذب الكيميائي بين السطحين دور معيناً في المقاومة الاحتكاكية. لكن أشار البعض إلى تأثير التزوي (θ) angulation والقوة الناظمة normal force (N) في المقاومة الاحتكاكية بين السلك والحاصرة (Zufall et al. 1998). يفترض بدراستنا عدم وجود تزوي لاستخدام الحالة الحيادية Passive Configuration، بقي القوة الناظمة التي تتعلق بقوة المطاط، فقد استعمل حلقات مطاطية مصنعة بطريقة الحقن injection molding التي تعتبر اقل احتكاكاً بالإضافة إلى استخدام اقل ثخانة حوالي 0.75 ملم مما يخفف تأثيرها على زيادة الاحتكاك (Chimenti et al. 2005)، (بابا وصوان وسليمان. 2012)، حيث وجد Chimenti نقص بالمقاومة الاحتكاكية حوالي 13-17 % عند استعمال حلقات مطاطية صغير (ثخانتها 0.85 ملم) او متوسطة (ثخانتها 0.9 ملم) من استعمال حلقات مطاطية كبيرة (ثخانتها 1 ملم) (Chimenti et al. 2005).

لكن زيادة قطر السلك يسبب زيادة القوة الناظمة نتيجة زيادة تمطط Stretched الحلقات المطاطية (Ogata et al. 1994) بالتالي زيادة المقاومة الاحتكاكية ولا تأثير له بقطر 0.014 أنش في دراستنا، حيث تبين زيادة المقاومة الاحتكاكية كلما زادت القوة الناظمة (Zufall et al. 1998)، (Suwa et al. 2003)، (Kusy et al. 1991). مما يزيد فعل الحرث plow بين

السطحين بالتالي زيادة الاحتكاك (Zufall et al. 1998).

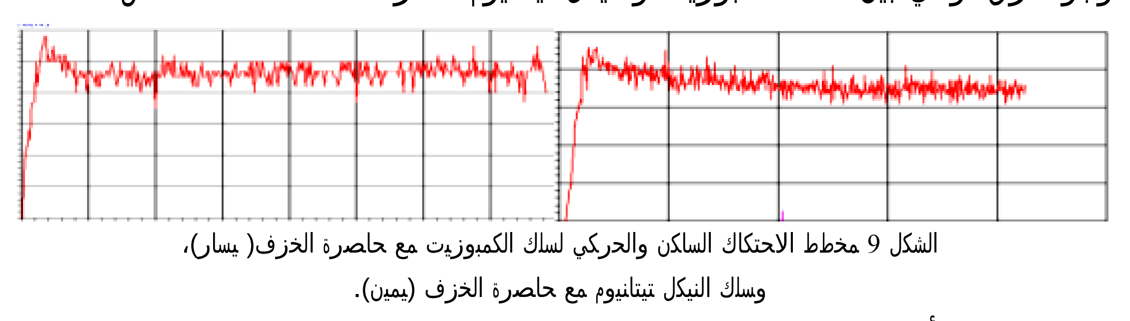
كما بين بعض الباحثين أن لا اختلاف جوهري بالمقاومة الاحتكاكية بين الحاصرات الخزفية بنوعيها أو الحاصرات الفولاذية مع الأقطار الصغيرة المستديرة من الأسلاك مهما كان نوع السلك، يظهر الفرق عند استعمال الأقطار الأكبر أو عند الانتقال إلى الأسلاك المضلعة، بالتالي يتعلق الاحتكاك بنوعية مقطع وحجم السلك المستخدم (Kapila et al. 1990)، بالإضافة إلى نوعية المطاط وثخانته (Tecco et al. 2009).

أبدى سلك البوليمير قطر 0.018 أنش في دراسة Suwa وزملاؤه مقاومة احتكاكية أعلى من سلك النيكل تيتانيوم عند استخدام حاصرة الخزف قياس 0.022 أنش مع قوة ناظمة متعددة سواء بالوسط الجاف أو الرطب، ومقاومة احتكاكية أقل من سلك النيكل تيتانيوم عند استخدام حاصرة كريستال قياس 0.022 أنش (Suwa et al. 2003)، ويبرر السبب بتشارك حالة سطح البوليمير اللين مع قساوة حاصرة الخزف ذات المسامات الحادة (Suwa et al. 2003). بينما أبدى سلك البوليمير قطر 0.020 أنش في دراسة Zufall وزملاؤه مقاومة احتكاكية اقل من سلك النيكل تيتانيوم والبيتا تيتانيوم واكبر من سلك الفولاذ غير الصدأ باستخدام حاصرتي الخزف أو الكريستال قياس 0.022 أنش مع قوة ناظمة متعددة بالوضعية الحيادية (Zufall et al. 1998).

كذلك اظهر سلك البوليمير المقوى بالألياف من شركة TP المسمى Optis بقطر 0.016 أنش احتكاك اقل من سلك النيكل تيتانيوم باستخدام الحاصرات الخزفية قياس 0.018 أنش (Bandeira et al. 2011).

كما نجد أن الاحتكاك الحركي اقل قيمة من الاحتكاك الساكن، الشكل رقم 9. مما يسمح لنا بالقول بعدم حدوث حت wear أو سحل abrasion نتيجة جولة الحركة أثناء إجراء التجربة ناتج اما عن استخدام مطاط ذو ثخانة قليلة مما قلل القوة العمودية، بالتالي لم يسمح بالحرث أو الجرف plow، او بسبب طول مسافة الجولة run 2 ملم لم تظهر الحت فعلياً لان أكثر الدراسات تطبق مسافة 5 ملم على الأقل لإظهار التثليم notch او الحرث plow ولكن طول المسافة تقلل القوة الناظمة N بسبب تراخي الحلقات المطاطية مع الزمن (Franchi & Baccetti. 2009)، او بسبب استخدم الماء كمزلق. لكن بين Zufall أن الاحتكاك الحركي للبوليمير اكبر من اسلاك الفولاذ واقل من النيكل تيتانيوم سواء بحاصرات الخزف او

الكريستال (Zufall et al. 1998). فقد بينت النتائج ارتفاعا طفيفاً بقيم الاحتكاك الحركي لسلك النيكل تيتانيوم عن سلك الكمبوزيت وعدم وجود فرق جوهري بينهما للقطر 0.014 أنش مع وجود فرق نوعي بين سلك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم للقطر0.016 & 0.018 أنش.

الشكل 9 مخطط الاحتكاك الساكن والحركي لسلك الكمبوزيت مع حاصرة الخزف(يسار)، وسلك النيكل تيتانيوم مع حاصرة الخزف (يمين).

يعتبر الخزف أقسى من البوليمير لذلك يعمل الخزف على حرث سطح البوليمير حتى في الاحتكاك الكلاسيكي ويزداد عند زيادة القوة الناظمة، لذلك يقترح Zufall لإنقاص الحت wear يجب السيطرة على المسافة البينية بين السلك والمطاط لتقليل المقاومة الاحتكاك بالإضافة إلى تحسين تصميم الحاصرة فالسطح الناعم بالإضافة تدوير زوايا الشق يحد من الحرث الناتج عن الحت المؤذي لسطح الكمبوزيت (Zufall et al. 1998).

3-2- <u>تأثير نوع الحاصرة وقطر السلك على المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت:</u>

دلت صور المجهر إلى ان حاصرات الكريستال Single crystalline انعم من الخزف Poly Crystalline ولا فرق يذكر بينهما بالمقاومة الاحتكاكية (Mendes et al. 2003)، ولكن المقاومة الاحتكاكية متشابه إذا استخدم نفس السلك مما يجعل مادة السلك هي التي تحدد المقاومة الاحتكاكية بين السلك الحاصرة (Mendes et al. 2003).

بينت نتائج البحث بعدم وجود فرق إحصائي بالاحتكاك الساكن او الحركي بين نوعي الحاصرتين للقطر 0.014 أنش سواء عند استخدام سلك النيكل تيتانيوم او الكمبوزيت. لكن لا يوجد فرق بين نوعي الحاصرتين عند استخدام سلك الكمبوزيت للقطر 0.016 أنش، إنما وجد فرق فقط للقطر 0.018 أنش بزيادة الاحتكاك لحاصرة الخزف عن حاصرة الكريستال. ووجد فرق إحصائي بين نوعي الحاصرتين بزيادة الاحتكاك لحاصرة الكريستال عن حاصرة الخزف عند استخدام سلك النيكل تيتانيوم للقطر 0.016 & 0.018 أنش.

تعتبر الصفات الاحتكاكية لحاصرات الخزف والكريستال متشابهه إذا استخدام نفس السلك مما يجعل مادة السلك هي التي تحدد المقاومة الاحتكاكية بين السلك والحاصرة أكثر من مادة الحاصرة (Mendes et al. 2003)، ولكن يمكن أن نضيف، لإظهار تأثير مادة السلك لابد من

تأثير القوة الناظمة وهو ما وجدنا في سلك الكمبوزيت بقطر 0.018 أنش حيث تأثر بقوة المطاط نتيجة تمطط الحلقات المطاطية بعد زيادة حجم المقطع بالرغم من أن سلك الكمبوزيت اخشن من سلك النيكل تيتانيوم كذلك يضاف تأثير عرض الحاصرة، فقياس عرض حاصرة الخزف -انسي وحشي- هو 3.4 ملم اكبر من عرض حاصرة الكريستال وهو 3 ملم. مما سبب فعل الحرث الذي سبب زيادة ضغط السلك على السطح الشق. بينما لم يظهر التأثير بقطر 0.014 & 0.016 أنش مع نوعي الحاصرتين. حيث أبدت حاصرات الكريستال في دراسة Zufall وزملاؤه احتكاكاً اقل من حاصرات الخزف مع سلك البوليمير مهما كانت صلابته (Zufall et al. 2000).

بالمقابل ظهر تأثير سلك النيكل تيتانيوم بقطر 0.016 & 0.018 أنش باستخدام نفس نوعية المطاط، البعض وجد ارتباط ايجابي بين خشونة شق الحاصرة والمقاومة الاحتكاكية وليس لخشونة السلك علاقة (Doshi & Bhad-Patil. 2011). بالتالي يمكن أن يفسر بتأثير الالتصاق والتجاذب الناجم عن الراوبط الكيميائية مع حاصرة الكريستال أكبر من حاصرة الخزف، بالرغم اختلاف عرض الحاصرة او تمطط الحلقات المطاطية.

بالمقابل وجد بالوضع الحيادي زيادة بالمقاومة الاحتكاكية لسلك الكمبوزيت مع زيادة القطر خاصة بين القطر 0.016 و 0.018 أنش باستخدام حاصرة الخزف بالرغم من أن القانون الثاني للاحتكاك ينص على" أن القوى الاحتكاكية مستقلة عن المنطقة الظاهرة من التماس" (Rossouw et al. 2003a)، بالتالي تمتلك الأجسام الصغيرة والكبيرة معامل احتكاك متماثل، بينما لا يوجد فرق باستخدام حاصرة الكريستال، يمكن أن يعز السبب إلى خشونة شق حاصرة الخزف وسلك الكمبوزيت مما سبب جرف plow بين السطحين، فاقم ذلك زيادة تمطط الحلقات المطاطية وزيادة عرض حاصرة الخزف بالمقارنة مع السطح الأنعم لحاصرة الكريستال والعرض الأقل. على النقض من ذلك لا يوجد فرق نوعي بالمقاومة الاحتكاكية عند زيادة قطر سلك النيكل تيتانيوم مع حاصرة الخزف بسبب حدوث قص shear نتواءات asperities المناطق المتماسة بين السطحين بالتالي صح القانون الثاني للاحتكاك. الفرق وجد مع حاصرة الكريستال بسبب نعومة السطح مما نتج عنه زيادة التماس بآلية ظاهرة الالتحام البارد Cold welding phenomenon بين 35-90 % من نتواءات السطحين.



بينما وجد Tidy أن زيادة حجم مقطع السلك ينتج احتكاك أقل، بسبب زيادة الصلابة، ووجد صغر حجم مقطع السلك ينتج انخفاض بالصلابة مما يسمح بإمالة أكبر نتيجة تطبيق القوة على الحاصرة وبالتالي زيادة في التماس (Tidy. 1989).

3-3- *مقارنة المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت بين المرحلة الفعالة والحيادية:*

ينتج عن إرجاع الناب ميلان tipped ودوران rotation مسبباً تشوه مرن للسلك مما يزيد المقاومة الاحتكاكية. كمية التشوه المرن تعتمد على صلابة السلك *EI* وعلى القوة الصافية المطبقة net force المطبقة للإرجاع. هذه المقاومة الاحتكاكية تتأثر بنقص الخلوص ونقص الزاوية الحرجة مما يزيد احتمال حصول احتكاك الانحناء BI friction وليس الكلاسيكي Classic friction، يعتمد الانحناء في تشكيله على القوة المطبقة على السن وبعد تطبيقها عن مركز المقاومة مما يسبب عزم دوران وإمالة للسن، بالتالي تزوي الحاصرة لذلك ينصح بتطبيق القوة الخفيفة لتخفيف العزم وتخفيف احتكاك الانحناء وتطبيق القوة اقرب إلى مركز المقاومة لمنع عزم القوة من تطبيق انحناء للسلك.

تبين النتائج بعدم وجود فرق إحصائي بين المراحل الحيادية Passive أو الفعالة Active 50 أو Active 100 عند استخدام سلك الكمبوزيت بقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش سواء عند استخدامها مع حاصرات الخزف أو الكريستال. كما لا يوجد فرق إحصائي بين المراحل الحيادية Passive أو الفعالة Active 50 أو Active 100 عند استخدام سلك النيكل تيتانيوم بقطر 0.014 & 0.018 أنش سواء عند استخدامها مع حاصرات الخزف أو الكريستال. لكن وجد فرق إحصائي عند استخدام السلك بقطر 0.016 أنش مع نوعي الحاصرتين.

كما لا يوجد فرق إحصائي بالمرحلة الفعالة Active 50 أو Active 100 بين سلك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بقطر 0.014 أنش عند استخدامهما مع حاصرة الخزف او الكريستال ولكن وجد فرق إحصائي بالمرحلة الفعالة Active 50 أو Active 100 بين سلك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بقطر 0.016 & 0.018 أنش عن استخدامهما مع حاصرة الخزف أو الكريستال. تعد القوة الناظمة N_{FR} في الاحتكاك الحيادي من أهم العوامل المؤثرة في مقدار المقاومة الاحتكاكية بين السلك وأرض شق الحاصرة، ولكن في الحالة الفعالة يضاف إليها قوة ناظمة عمودية N_{BI} تعتمد على مقدار التزوي بين حافتي الحاصرة والسلك وهي بدورها تتحكم بها

جزء من صلابة المادة من حيث معامل مرونة المادة وعزم عطالة المقطع بالإضافة إلى المسافة بين الحاصرات وعرض الحاصرة ومقدار الزاوية الحرجة (Zufall et al. 2000). سيتم مناقشة عدم وجود فرق إحصائي بين المراحل من ثلاثة محاور. الأول تأثير الخلوص والزاوية الحرجة، الثاني فعالية تأثير القوة المطبقة والثالث تأثير صلابة السلك.

☒ المحور الأول هو تأثير الخلوص والزاوية الحرجة فقد استخدمنا ثلاثة قياسات من الأقطار، حيث تشكل تلك الأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش مع حاصرات قياس 0.018 أنش خلوص ومقداره 0.004 & 0.002 & 0 أنش نظرياً، بالتالي زاوية التماس الحرجة θ_c= 1.7° &0.85°& 0° لسلك بقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش مع حاصرات الخزف ذات العرض 3.4 ملم بينما زاوية التماس الحرجة لحاصرات الكريستال ذات العرض 3 ملم هي 1.9°& 0.96°& 0° للأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش بالترتيب بالتالي بوجود تلك الزاوية تسمح بحرية الحركة للسلك ضمن الشق مما يمنع تشكل احتكاك الانحناء للسلك ويبقى الاحتكاك بالوضع الحيادي بالنسبة للقطر 0.014 & 0.016 أنش مما يبرر بعدم وجود فرق إحصائي بين المراحل لهذين القطرين. أما القطر 0.018 أنش الذي يشكل خلوص مقداره صفر نظرياً مع حاصرات قياس 0.018 أنش، يؤكد البعض على عدم وجود انطباق صميمي بين السلك والحاصرة لأنه هناك سماح هندسي Tolerance لقطر السلك أو حجم الشق (Kusy & Whitly. 1999b) حيث أمكن لـ Kusy وزملاؤه إدخال سلك 0.019*0.025 ضمن شق 0.018 واكتشف أن العرض الفعلي Actual size للسلك 0.0174 أنش وشق الحاصرة Actual slot بين 0.0182 إلى 0.0202 أنش، وكانت زاوية التماس الحرجة بحدود θ_c= 0.5 (Kusy & Whitly. 1999b) بالتالي يمكن وجود فراغ بسيط بين سلك 0.018 أنش وحاصرة 0.018 أنش في دراستنا، سمح بقليل من الحركة مما قلل الفرق بين مرحلتي الحيادية والفعالة، يمكن إضافة تلك الزاوية إلى مقدار الزاوية التي يشكلها سلك 0.014 & 0.016 أنش مع الحاصرة فتعطي مجال اكبر من حرية الحركة أيضا. بالإضافة إلى تأثر الانحناء بالمسافة بين الحاصرات أثناء الانزلاق فاحتكاك الانحناء يقل كلما زادت المسافة بين الحاصرات ونقصت صلابة السلك (Kusy & Whitly. 1999a). بالتالي قد يكون عدم وجود فروق بسبب تصميم التجربة لان السك المفحوص كان متدلي من الأعلى إلى

الأسفل وليس مثبت على مسافة محددة كالمسافة بين الحاصرات IBD مما جعل السلاك أكثر مرونة وعدم تأثره بزاوية التماس الحرجة (Kusy & Whitly. 2000).

☒ المحور الثاني يتعلق بفعالية القوة المطبقة بالمراحل، بالقياس يمكن حساب القوة الصافية عن طريق طرح قوة احتكاك من قوة الإرجاع المطبقة على خطاف الناب بالتالي القوة الصافية تقدر بـ 0.13 &0.23 &0.27 نيوتن عند استخدام سلك نيكل تيتانيوم مع حاصرة خزف[*]. وبـ 0.27 & 0.28 & 0.24 نيوتن عند استخدام سلك كمبوزيت مع حاصرة خزف لأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش على الترتيب عند تطبيق قوة إرجاع 0.5 نيوتن. بينما تقدر القوة الصافية الناتجة عن تطبيق قوة إرجاع 1 نيوتن على خطاف الناب بـ 0.63 & 0.73 & 0.77 نيوتن عند استخدام سلك نيكل تيتانيوم مع حاصرة خزف. وبـ 0.77 & 0.78 & 0.74 نيوتن عند استخدام سلك كمبوزيت مع حاصرة خزف لأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش على الترتيب. فإذا تم تقسيم تلك القوة الصافية على مساحة جذر الناب المعرض للحركة (انسي وحشي) وتقدر بـ 0.75 سم^2 (Ricketts et al. 1979) لكانت النتيجة الوسطية 34 غ\سم^2 عند تطبيق 0.5 نيوتن بمختلف الأقطار أو نوعي السلكيين، و 100 غ\سم^2 عند تطبيق 1 نيوتن. يلاحظ من النتيجة الأولى أنها قوة خفيفة جدا غير كافية للحركة وبالكاد تتجاوز عتبة الحركة (Yijin et al. 2004)، على اعتبار ان معامل يونغ للرباط اقل من المادة المطاطية. لذلك لا تأثير في تزوي الحاصرة. أما النتيجة الثانية فهي فوق مستوى عتبة الحركة ومثالية حسب ريكتس ومع ذلك لم تظهر أي فرق مع الحالة الحيادية. بالتالي يمكن القول أن قوة إرجاع مطبقة على خطاف الناب مقدارها 1 نيوتن (101.9 غ) ومتوسط صافيها حوالي 0.75 نيوتن تولد ضغط على مستوى الرباط حوالي 100 غ\سم^2 لا تسبب ميلان كبير للسن، ولا يمكن ان تؤثر على الاحتكاك الحيادي ليتحول إلى احتكاك انحناء. ربما يكون السبب مقدار القوة كما ذكر او بسبب مواصفات الميكانيكية للرباط الذي يسمح ببعض الحركة الخفيفة متجاوبا مع حركة السلك بالتالي لم يكن هناك اختلاف بين المراحل لاستعاضة الرباط بالمادة المطاطية في التجربة المخبرية. بالإضافة إلى أن معدل عرض PDL حوالي 0.2-0.3 ملم يميل جزئيا إلى العرض قليلا عند العنق والذروة

[*] استخدم فقط حاصرة الخزف للاستشهاد ولتقليل الأرقام

ولكن أثناء الحركة التقويمية يصبح عرض PDL ضعفين Double أو ثلاث أضعاف Triple، حيث تميل المقاومة الاحتكاكية للانخفاض في حال ضيق المسافة الرباطية الذي يسمح بأقل تماس بين السلك والشق، لذلك يمكن أن يكون احد الأسباب في عدم اكتشاف فرق بين المراحل (Loftus et al. 2001). حيث يتأثر ميلان tipped الناب بمقدار القوة المطبقة وببعد نقطة تطبيق القوة عن مركز المقاومة، يقدر بعد مركز المقاومة عن شق الحاصرة بـ 10 ملم ينقص منها 1 ملم الارتفاع اللثوي للحاصرة و1 ملم ارتفاع خطاف الناب، فمقدار العزم يساوي القوة الصافية 0.75 نيوتن مضروب بـ 8 ملم وتقدر 6 نيوتن.ملم (600 غ.ملم)، لذلك يمكن اعتبار القوة المطبقة 1 نيوتن صافيها 0.75 نيوتن قوة خفيفة لا تسبب عزم دوران كبير وتسبب تزوي بمقدار 0.09° إذا كان سماكة الرباط 0.3 ملم وتزوي 0.26° إذا كان سماكة الرباط 0.9 ملم -الملحق الثاني- جدول رقم 8. تلك القيمة هي اقل من قيمة أي زاوية خلوص التي تم استنتاجها في المحور الأول بالتالي التجربة لم تتجاوز الزاوية الحرجة، لذلك لا تسبب فروق بين الحيادي والفعال إنما بقي التزوي الحاصل للحاصرة ضمن الحيادي. بينما ذكر Kojima وزملاؤه أن تطبيق قوة صافية مقدارها 0.6 نيوتن لإرجاع ناب بواسطة سلك 0.020 أنش مع حاصرة بدون خلوص، تسبب إمالة للناب مقدارها 1.9° (Kojima et al. 2006).

⊠ المحور الثالث هو تأثر الاحتكاك بصلابة السلك، يمكن أن يعز زيادة المقاومة الاحتكاكية بين نوعي السلكيين لزيادة الصلابة بين نوعي السلكين، حيث تتعلق الصلابة بمعامل مرونة المادة وبعزم العطالة الذي بدوره يتعلق بالمقطع (دائري او مضلع). حيث يقل الاحتكاك كلما نقصت صلابة السلك (Kusy & Whitly. 1999a). يتمتع النيكل تيتانيوم بصلابة أكبر من الكمبوزيت للأقطار الثلاثة جدول رقم (3-4). فقد استخدم Kojima نسبة الصلابة إلى القوة المطبقة الصافية $F_n \backslash EI$ فوجد أن زيادة الصلابة تسبب زيادة الاحتكاك، وزيادة الاحتكاك تسبب نقص بالقوة الصافية مما يقلل العزم المطبق على الناب مقللا الإمالة* (Kojima et al. 2006)، كذلك وجد Liaw وزملاؤه ان السلك الذي يتمتع بصلابة منخفضة low stiffness وتخلفية ميكانيكية قليلة Low–stress hysteresis يقلل احتكاك الانحناء

* مع العلم أن التجربة أجريت بواسطة العناصر المنتهية وبدون خلوص.

ويحسن من انزلاق الحاصرة على طول السلك (Liaw et al. 2007) وهو ما وجدناه بتقييم الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت مقارنةً مع سلك النيكل تيتانيوم.

بالمقابل وجد Angolkar زيادة بالاحتكاك الناتجة عن الأسلاك المستديرة مع حاصرات الخزف ذات الشق 0.018 أنش كلما زادت الصلابة، ولا يوجد فرق بالمقاومة الاحتكاكية لأسلاك ذات الصلابة المنخفضة بالرغم من وجود نفس مقدار الخلوص بين الأسلاك المستدير والمضلعة وشق الحاصرة (Angolkar et al. 1991). كذلك وجد Zufall ان زيادة صلابة سلك الكمبوزيت بزيادة النسبة الحجمية للألياف تسبب زيادة احتكاك الانحناء وبشكل مشابه للأسلاك المعدنية، ويزداد التثليم بزيادة التزوي، بينما لم تتأثر المقاومة الاحتكاكية بزيادة صلابة سلك البوليمير في الوضع الحيادي (Zufall et al. 1998).

كما يمكن أن يكون تأثير القوة المطبقة في الإرجاع اقل من تحقيق ظاهرة توقف-انزلاق Stick-Slip phenomena بسبب نابضية سلك الكمبوزيت وخاصة القطر 0.018 أنش الذي يمتلك نابضية اكبر من نابضية التيتانيوم، مما منع تماس حواف الشق مع السلك بالإضافة إلى اقل زاوية تماس حرجة مع شق الحاصرة بالتالي لم يحدث احتكاك انحناء او احتكاك تثليم. نشهد على ذلك هو بقاء الاحتكاك الحركي اقل من الاحتكاك الساكن الشكل (3-7). حيث تسبب الصلابة الكبيرة حدوث ظاهرة توقف انزلاق Stick-Slip مما ينتج حدوث تثلم يتناسب مع حجم وشكل المقطع ومقدار التزوي الناتج عن عزم القوة (Burrow. 2010)، (Rossouw et al. 2003a).

سريرياً يبدي سلك الكمبوزيت احتكاكاً أقل من سلك النيكل تيتانيوم عند استخدام حاصرة الخزف او الكريستال بشكل عام، ولكن في حالة سوء الرصف بحوالي 1.5 ملم بالمستوى العمودي لا يوجد فرق بالأسلاك المستديرة بقطر (0.012، 0.014، 0.016) أنش بسبب عدم تجاوز زاوية التماس الحرجة بين السلك وشق الحاصرة ويظهر الفرق عندما يكون سوء الرصف فوق 3 ملم (Franchi & Baccetti. 2006). ستزيد القوة المطبقة في الإرجاع عند نقص الاحتكاك بالتالي ستزيد سرعة حركة الناب بنفس الوقت، وتكون النتيجة زيادة الإمالة والدوران، اما عند زيادة الاحتكاك سيسبب نقص القوة الصافية المطبقة مقللا بذلك عزم الدوران مما ينتج حركة جسمية ونقصان بسرعة الحركة (Kojima et al. 2006). لذلك ينصح للتقليل من الاحتكاك خفض القوة إلى الربع مما يخفض سرعة الحركة بنفس المقدار، لذلك

زيادة سرعة الناب بحركة جسمية شبه مستحيل بإنقاص الاحتكاك فقط. يمكن تقليل الاحتكاك باستخدام حلقات مطاطية ذو ثخانة قليلة للتقليل من الحرث وأقطار صغيره نوعا ما لخفض صلابة السلك ولزيادة الزاوية الحرجة للتقليل من التثليم (Zufall et al. 1998).

2-4- تأثير الحفرة الفموية على المقاومة الاحتكاكية لأسلاك الكمبوزيت:

يتعرض السلك داخل الفم إلى عوامل متعددة تؤثر في المقاومة الاحتكاكية مثل تعديل سطح الحاصرة أو السلك بسبب ترسب precipitation الفلم الحيوي المتكلس وتشكل جزئيات صغيرة microparticles منه على سطح السلك والشق (Jr et al. 2011)، بالإضافة إلى تغيرات بنيوية تؤثر على الانجاز الميكانيكي للمادة خصوصا بانخفاض معامل المرونة للمادة، بالتالي تؤثر الحفرة الفموية على تضاريس وبنية سطح السلك (Eliades & Bourauel. 2005). كما يسبب قوى المضغ تخريشاً في الطبقة الواقية مما يزيد من الاحتكاك يضاف إليها تأثير البيئة الفموية على المادة من حت wear من الطعام والشراب والصحة الفموية وعوامل الاهتراء من انخفاض لـ PH التي تسبب زيادة الخشونة نتيجة تقشر الطبقة الواقية لسلك الكمبوزيت (Lindel et al. 2011) حيث تم فحص خشونة سلك الكمبوزيت المطبق بالفم (مخبر الفيزياء) ووجد ارتفاعا بسيطاً حوالي 0.085 ميكرومتر.

هنالك تشويش لقيم قوة الاحتكاك بفم المريض من قوى المضغ والكلام والبلع حيث تصل أحيانا إلى الصفر، ويقدر معدل التكرار لدورة التماس المضغية حوالي 32- 80 دورة بالدقيقة، حيث وجد Hixon وزملاؤه على أن الاهتزاز الناتج عن دورة المضغ يقلل من احتكاك الانحناء مسبباً انزلاق السلك بشكل أسهل مع بقائه بالوضعية الحيادية (Hixon et al. 1970. In: Olson. 2011).

تُبين النتائج عدم وجود فرق نوعي P>0.05 بين سلك الكمبوزيت الرطب وسلك الكمبوزيت المطبق بالفم للأقطار 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش سواء مع حاصرة الخزف او حاصرة الكريستال بالوضع الحيادي. ويبقى فرق نوعي مع سلك النيكل تيتانيوم مشابه لسلك الكمبوزيت غير المطبق بالفم، كذلك لم تتأثر المقاومة الاحتكاكية بتغير القطر سواء مع حاصرة الخزف او حاصرة الكريستال بالوضع الحيادي ولا يوجد فرق نوعي بين نوعي الحاصرتين مع سلك الكمبوزيت المطبق بالفم لجميع الأقطار وبشكل مغاير للقيم الناتجة عن سلك الكمبوزيت الغير مطبق بالفم. كما لا يوجد أي فرق نوعي بين المراحل، مما يوحي بتغير الخواص الانزلاقية

للسطح بحيث أصبحت لا تؤثر على قيم الاحتكاك بالرغم من استخدام نفس أسلوب بالتجربة من حيث نوعية المطاط والرطوبة، لعل السبب هو بقايا الطبقة الواقية المتمزقة بالإضافة جزيئات القلح او اللويحة المتشكلة قد عملت على إملاء المسامات والى زيادة ثخانة المادة المزلقة مما سبب عدم تماس السلك والحاصرة بالرغم من وجود القوى الناظمة، بالتالي عمل الوسيط المؤلف من ماء وبقايا الطبقة الواقية واللويحة كمزلق هيدروديناميكي hydrodynamic lubrication (Rossouw et al. 2003a) اقرب الى المزلق الجزئي Partial lubrication الذي يسبب نقص في معامل الاحتكاك، مع العلم ان الحاصرة الخزف المستخدمة جديدة في كل تجربة ولم تتعرض للوسط الفموي، الشكل رقم 10. حيث لا يرتبط تغير المقاومة الاحتكاكية بنوعية المادة المزلقة فقط ولكن يختلف حسب ثخانتها، حيث تسبب السوائل المستخدمة كمزلق بشكل أولي إلى حدوث تغيرات كهربائية كيميائية electrochemical بالتالي يسبب الاحتكاك للسطوح المتماسة بوجود سائل بينهما تغيرات ميكانيكية لمعالم أحد السطوح أو لكليهما كنتيجة روتينية وبالتالي يعتمد على قساوة المادة لمقاومة الاهتراء الناتج عن الاحتكاك.



الشكل رقم 10 بقايا الطبقة الواقية المتمزقة الناتجة عن وضع السلك بالفم لمدة شهر

يعزى السبب إلى الحموضة بالإضافة إلى زيادة في خشونة السطح مواد الكمبوزيت مما يسبب زيادة بالاحتكاك، ووجد ان الألياف الزجاجية ميالة إلى الاهتراء عند التعرض لأوساط مرتفعة ومنخفضة PH ‏(Hammad et al. 2012).

3- التقييم الثالث التغير اللوني

تتعرض أسلاك الكمبوزيت إلى عوامل مصبغة متعددة في الحفرة الفموية منها اللعاب والطعام والشراب واللويحة (Rahim et al. 2012) واستنتجت بعض الدراسات أن القهوة احد أهم أسباب تصبغ الكمبوزيت بالمقارنة مع مشروب الشاي والكولا (Silva et al. 2012)، حيث تتأثر كمية التغير اللوني بالصحة الفموية وبامتصاص الماء (Silva et al. 2012).

تبين النتائج حدوث تغير لوني لجميع التجارب بالمقارنة مع اللون الأساسي لساك الكمبوزيت، الشكل 11. فقد وجد تغيراً لونياً لدى غمر ساك الكمبوزيت بالماء المقطر بالدرجة 37° وذلك بدءاً من اليوم الثامن، وكان مقدار التغير بمقدار 3.8، يزداد هذا التغير في اليوم الواحد والعشرين من الغمر ومقدار التغير حوالي 5.3، ثم يتناقص مقدار التغير اللوني في اليوم الواحد والثلاثين ويصبح بمقدار 2.8 الشكل رقم 11، وجميع هذه التغيرات ذات دلالة إحصائية بالمقارنة مع اللون الأساسي الجدول رقم (3-21).



الشكل رقم 11 المتوسطات الحسابية والخطأ المعياري للتغير اللوني الحاصل لساك الكمبوزيت لمختلف التجارب مع عتبة التغير اللوني المقبولة سريرياً

كما بينت عدة أبحاث ان التغير اللوني للبوليمير بشكل غير مقبول سريرياً، لا يحدث إلا بعد سبعة أيام من الغمر بالماء وحتى اليوم الثلاثين (Yannikakis et al. 1998 In: Corekci et al. 2010). كذلك بينت Silva وزملاؤها أن التغير اللوني للأسلاك الكمبوزيت يحدث بعد 21 يوماً من الغمر بالماء المقطر بشكل غير مقبول سريرياً $3.7<\Delta E$ (Silva et al. 2012). بينما بينت دراسة Stober وزملاؤه ان كلّ من الكمبوزيت المركب من البوليمير Bis GMA & UDMA بنسبة حجمية مالئة 77 %، والبوليمير المكون من UDMA & TEGDMA بنسبة حجمية مالئة 78.7 %، بالاضافة إلى الكمبوزيت المكون من UDMA & TEGDMA بنسبة حجمية مالئة 74 % يتغير لونهم بشكل مقبول سريرياً $3.7>\Delta E$ بعد 4 أسابيع من الغمر بالماء (Stober et al. 2001).

تزداد الكمدة Opacity بزيادة نسبة الانكسار الضوئي المختلفة بين الجزيئات غير العضوية المستعملة كمواد مالئة والمواد العضوية للمادة الرابطة بسبب تعدد الانعكاسات والانكسار للسطح البيني بين الجزيئات والمادة الرابطة بسبب الانكسار بين المونومير المتبقي والبوليمير التي تجعل المواد اقل شفافية بسبب زيادة تبعثر الضوء (Davis et al. 1995 & Saton et al. 1989 In: Eliades et al. 2004)، فإذا أضفنا عامل امتصاص الماء الذي يسبب تأكل كيميائي

للكمبوزيت بآليتين؛ الأولى انتشار جزئيات الماء في الشبكة البوليميرية واحتلال الأماكن الفارغة بين السلسة البوليميرية والفراغات المجهرية microvoid، والثانية تآكل وانحلال العامل اللاصق بين المادة الرابطة البوليميرية والألياف بفعل جزئيات الماء مسبباً فك الألياف (Rahim et al. 2012)، يضاف إليه عامل الزمن الذي يعزز الانحلال وامتصاص الماء مسبباً تغير الخواص البصرية للكمبوزيت (Corekci et al. 2010) & (Stober et al. 2001). أيده بالتفسير الباحث Arthur وزملاؤه الذين فسروا تغير الخواص البصرية للكمبوزيت بأنه استجابة للتلون الكيميائي الناتج عن أكسدة المادة اللاصقة بين المادة الرابطة والألياف أو من منتجات التآكل الناتج عن أكسدة Oxidation البوليمير بسبب انتشار الماء في بنيته (Arthur et al. 2004 In: Silva et al. 2012).

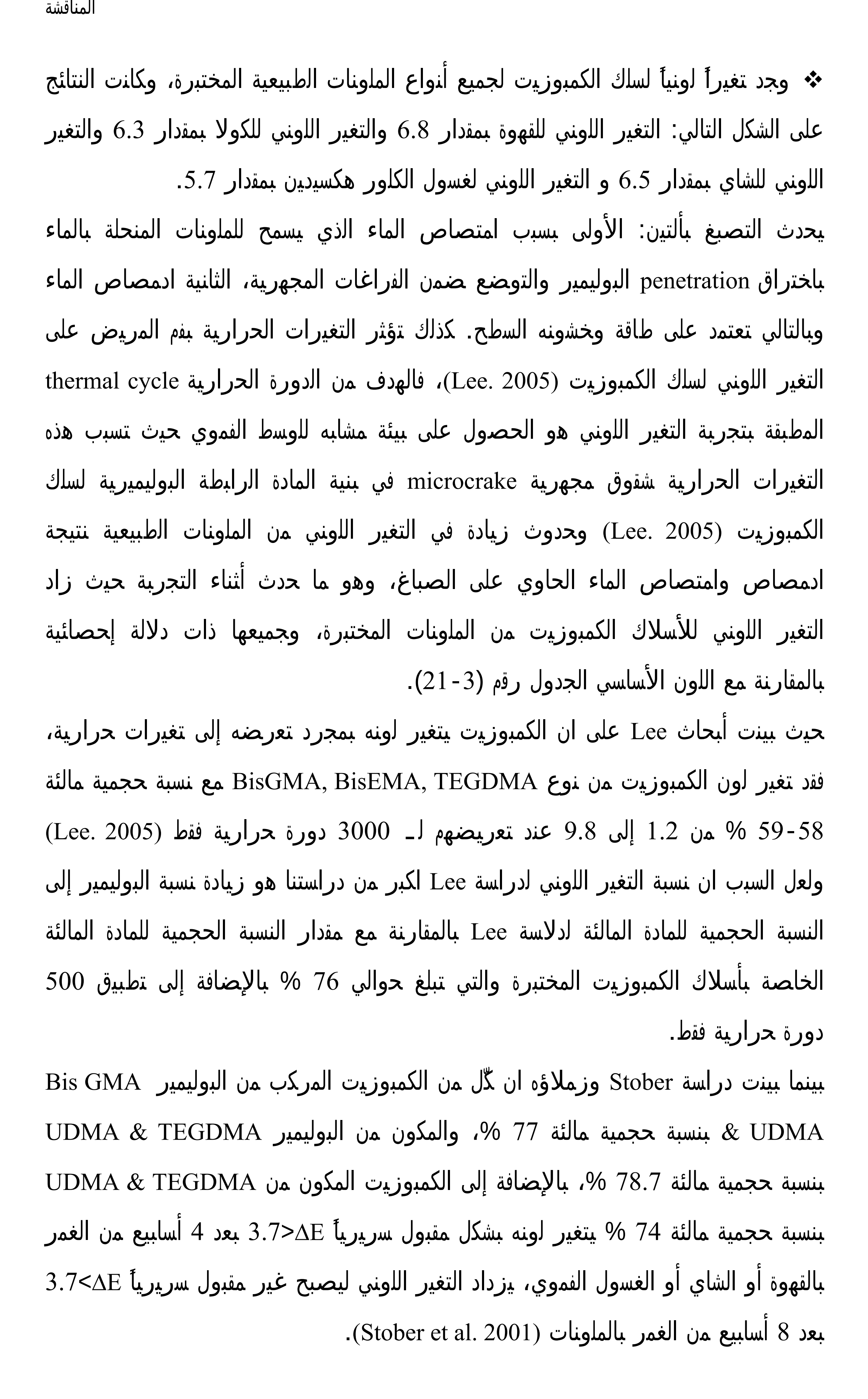
فإذا عدنا للنتائج لوجدنا ان التغير اللوني الناتج عن امتصاص الماء يزداد بدءاً من اليوم الثامن حتى اليوم الواحد والعشرين ثم ينقص إلى اليوم الثلاثين وربطناها مع تجربة قياس وزن العينة أثناء غمرها بالماء المقطر لوجدنا ان الامتصاص يزداد منذ اليوم الأول في الفترة الأولى ثم يزداد بشكل ملحوظ بعد اليوم السابع وهو ما يطابق التغير اللوني للسلك، الشكل 12.



الشكل 12 مخطط امتصاص الماء لمدة شهر من الغمر بالماء المقطر

خلال تلك الفترة يتم انحلال وتخرب منطقة السطح البيني بين المادة الرابطة والألياف (Morii. 1993). حيث يعمل الماء على فتح رابطة الكربون C=C للبوليمير أو العامل اللاصق ويعمل على الارتباط مع جذر الهيروكسيل، بالتالي يغير التفاعل الكيميائي شفوفية الكمبوزيت يضاف إليها تبعثر انعكاس الضوء بين البوليمير والماء المتواجد ببنية البوليمير والألياف (Davis et al. 1995 & Saton et al. 1989 In: Eliades et al. 2004).

ربط البعض التغير اللوني بنوعية البوليمير والمواد المالئة والنسبة الحجمية لها (Corekci et al. 2010) حيث وجدت دراسة Stober ان جميع أنواع من البوليميرات المختبرة يتغير لونها بشكل مقبول سريرياً ΔE<3.7 بعد 4 أسابيع من الغمر بالماء ولا تزداد مع الزمن، ولكن تختلف تلك النسب إلى الملونات الطبيعية (Stober et al. 2001).

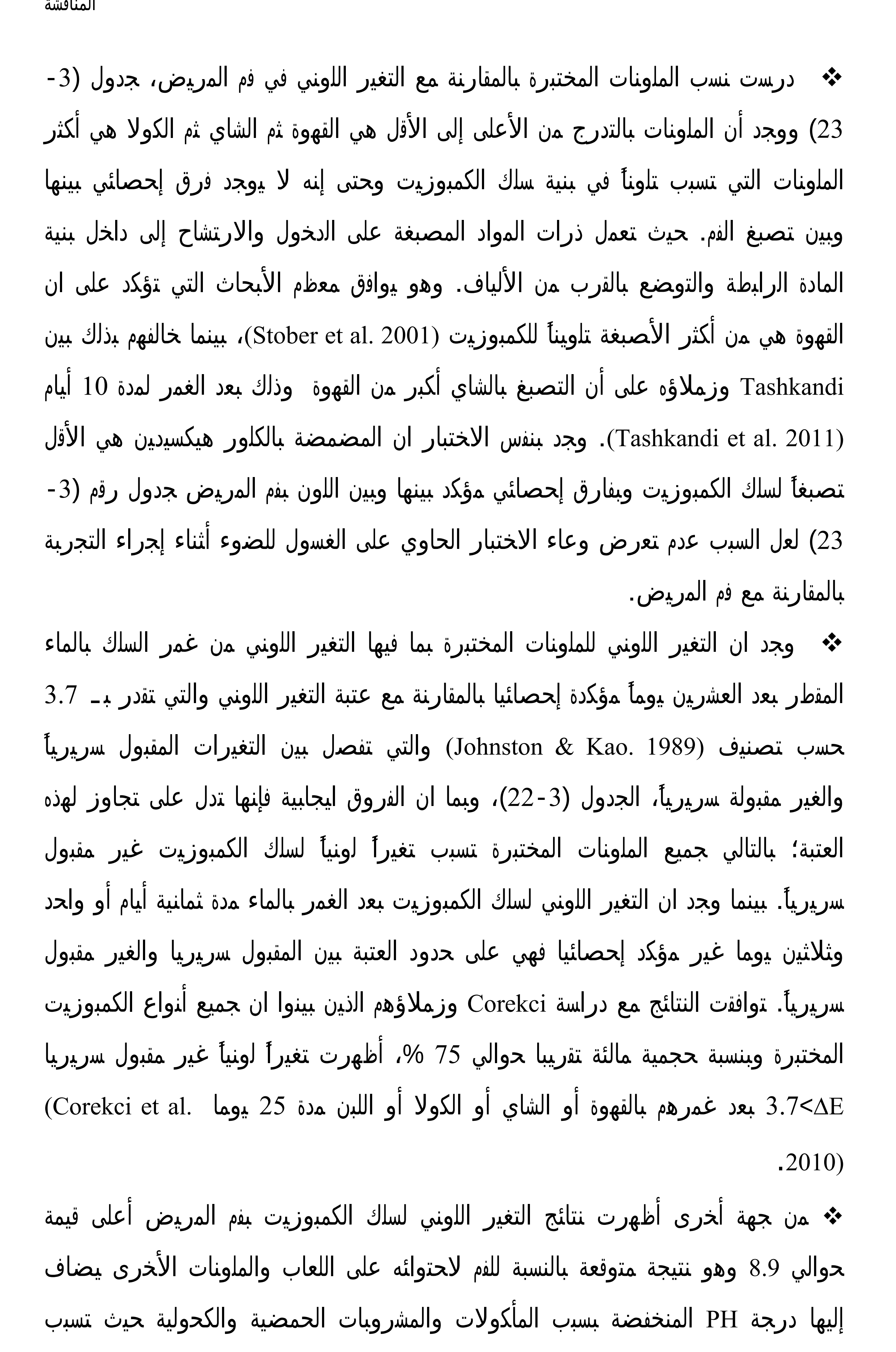


❖ وجد تغيراً لونياً لساك الكمبوزيت لجميع أنواع الملونات الطبيعية المختبرة، وكانت النتائج على الشكل التالي: التغير اللوني للقهوة بمقدار 6.8 والتغير اللوني للكولا بمقدار 6.3 والتغير اللوني للشاي بمقدار 6.5 و التغير اللوني لغسول الكلور هكسيدين بمقدار 5.7.

يحدث التصبغ بألتين: الأولى بسبب امتصاص الماء الذي يسمح للملونات المنحلة بالماء باختراق penetration البوليمير والتوضع ضمن الفراغات المجهرية، الثانية ادمصاص الماء وبالتالي تعتمد على طاقة وخشونه السطح. كذلك تؤثر التغيرات الحرارية بفم المريض على التغير اللوني لساك الكمبوزيت (Lee. 2005)، فالهدف من الدورة الحرارية thermal cycle المطبقة بتجربة التغير اللوني هو الحصول على بيئة مشابه للوسط الفموي حيث تسبب هذه التغيرات الحرارية شقوق مجهرية microcrake في بنية المادة الرابطة البوليميرية لساك الكمبوزيت (Lee. 2005) وحدوث زيادة في التغير اللوني من الملونات الطبيعية نتيجة ادمصاص وامتصاص الماء الحاوي على الصباغ، وهو ما حدث أثناء التجربة حيث زاد التغير اللوني للأسلاك الكمبوزيت من الملونات المختبرة، وجميعها ذات دلالة إحصائية بالمقارنة مع اللون الأساسي الجدول رقم (3-21).

حيث بينت أبحاث Lee على ان الكمبوزيت يتغير لونه بمجرد تعرضه إلى تغيرات حرارية، فقد تغير لون الكمبوزيت من نوع BisGMA, BisEMA, TEGDMA مع نسبة حجمية مالئة 58-59 % من 1.2 إلى 9.8 عند تعريضهم لـ 3000 دورة حرارية فقط (Lee. 2005) ولعل السبب ان نسبة التغير اللوني لدراسة Lee اكبر من دراستنا هو زيادة نسبة البوليمير إلى النسبة الحجمية للمادة المالئة لدلاسة Lee بالمقارنة مع مقدار النسبة الحجمية للمادة المالئة الخاصة بأسلاك الكمبوزيت المختبرة والتي تبلغ حوالي 76 % بالإضافة إلى تطبيق 500 دورة حرارية فقط.

بينما بينت دراسة Stober وزملاؤه ان كُل من الكمبوزيت المركب من البوليمير Bis GMA & UDMA بنسبة حجمية مالئة 77 %، والمكون من البوليمير UDMA & TEGDMA بنسبة حجمية مالئة 78.7 %، بالإضافة إلى الكمبوزيت المكون من UDMA & TEGDMA بنسبة حجمية مالئة 74 % يتغير لونه بشكل مقبول سريرياً ΔE<3.7 بعد 4 أسابيع من الغمر بالقهوة أو الشاي أو الغسول الفموي، يزداد التغير اللوني ليصبح غير مقبول سريرياً ΔE<3.7 بعد 8 أسابيع من الغمر بالملونات (Stober et al. 2001).



- ❖ درست نسب الملونات المختبرة بالمقارنة مع التغير اللوني في فم المريض، جدول (3-23) ووجد أن الملونات بالتدرج من الأعلى إلى الأقل هي القهوة ثم الشاي ثم الكولا هي أكثر الملونات التي تسبب تلوناً في بنية سلك الكمبوزيت وحتى إنه لا يوجد فرق إحصائي بينها وبين تصبغ الفم. حيث تعمل ذرات المواد المصبغة على الدخول والارتشاح إلى داخل بنية المادة الرابطة والتوضع بالقرب من الألياف. وهو يوافق معظم الأبحاث التي تؤكد على ان القهوة هي من أكثر الأصبغة تلويناً للكمبوزيت (Stober et al. 2001)، بينما خالفهم بذلك بين Tashkandi وزملاؤه على أن التصبغ بالشاي أكبر من القهوة وذلك بعد الغمر لمدة 10 أيام (Tashkandi et al. 2011). وجد بنفس الاختبار ان المضمضة بالكلور هيكسيدين هي الأقل تصبغاً لسلك الكمبوزيت وبفارق إحصائي مؤكد بينها وبين اللون بفم المريض جدول رقم (3-23) لعل السبب عدم تعرض وعاء الاختبار الحاوي على الغسول للضوء أثناء إجراء التجربة بالمقارنة مع فم المريض.
- ❖ وجد ان التغير اللوني للملونات المختبرة بما فيها التغير اللوني من غمر السلك بالماء المقطر بعد العشرين يوماً مؤكدة إحصائيا بالمقارنة مع عتبة التغير اللوني والتي تقدر بـ 3.7 حسب تصنيف (Johnston & Kao. 1989) والتي تفصل بين التغيرات المقبول سريرياً والغير مقبولة سريرياً، الجدول (3-22)، وبما ان الفروق ايجابية فإنها تدل على تجاوز لهذه العتبة؛ بالتالي جميع الملونات المختبرة تسبب تغيراً لونياً لسلك الكمبوزيت غير مقبول سريرياً. بينما وجد ان التغير اللوني لسلك الكمبوزيت بعد الغمر بالماء مدة ثمانية أيام أو واحد وثلاثين يوما غير مؤكد إحصائيا فهي على حدود العتبة بين المقبول سريريا والغير مقبول سريرياً. توافقت النتائج مع دراسة Corekci وزملاؤهم الذين بينوا ان جميع أنواع الكمبوزيت المختبرة وبنسبة حجمية مالئة تقريبا حوالي 75 %، أظهرت تغيراً لونياً غير مقبول سريريا $\Delta E>3.7$ بعد غمرهم بالقهوة أو الشاي أو الكولا أو اللبن مدة 25 يوما (Corekci et al. 2010).
- ❖ من جهة أخرى أظهرت نتائج التغير اللوني لسلك الكمبوزيت بفم المريض أعلى قيمة حوالي 8.9 وهو نتيجة متوقعة بالنسبة للفم لاحتوائه على اللعاب والملونات الأخرى يضاف إليها درجة PH المنخفضة بسبب المأكولات والمشروبات الحمضية والكحولية حيث تسبب



المشروبات الحمضية نقصان القساوة hardness للكمبوزيت، لأنها تحوي على كميات كبيرة من حمض الفوسفور phosphorus acid وحمض الستريك citric acid التي تساعد في تأكل الكيميائي للسطح بالتالي زيادة امتصاص الماء وارتشاح الملونات الطعامية .Rahim et al) 2012). كذلك تسبب نواتج اللويحة الحمضية وتخمرات المأكولات الحاوية على الكاربوهيدرات) حيث تؤمن اللويحة الجرثومية بقاء التصبغات وقت أطول بتماسها مع سطح سلك البوليمير مما يساعد في تأكل سطح البوليمير وانتشار التصبغات في جسم البوليمير، بالإضافة إلى الصدوع الحاصلة جسم الكمبوزيت نتيجة التغيرات الحرارية الحاصلة بالفم وإلى التعب fatigue الذي يصيب المادة نتيجة قوة المضغ، ويمكن ان يكون السبب الأهم هو زوال الطبقة الواقية- نتيجة جزيئات الطعام والتفريش القاسي والجزيئات الساحلة ببعض معاجين تنظيف الأسنان والتي تسبب خدوش Scratch في الطبقة الواقية- إلى انكشاف البوليمير للوسط الفموي المائي مما يتسبب في زيادة التصبغ، حيث وجد لدينا أن التصبغ الناتج عن التجربة المخبرية كان واضح جدا في أطراف السلك الخالية من الطبقة الواقية، الشكل 13.





الشكل 13 التصبغ الواضح بصريا في حال عدم وجود طبقة واقية

دعم اعتقادنا استخدام طريقة متوسط النسبة المئوية المتجمعة Mean Cumulative percent method الخاص بدراسة العوامل الخفية (غير المدروسة)، جدول (3-24) حيث وجد أن الملونات الطعامية والمضمضة المختبرة للتغير اللوني لسلك الكمبوزيت تشكل حوالي 58 % من التغير اللوني الحاصل بفم المريض. فهناك ملونات أخرى كعصير الفريز وبهارات الكاري والكركم turmeric (curcuma) بالإضافة إلى اللبن yogurt والنبيذ الأحمر كذلك الطماطم والكتشب والملح المعدني Iron salt يتناولها المريض ولم تختبر، بالإضافة إلى درجة PH المنخفضة والتغيرات الحرارية thermal change والحمولة Load المطبقة بالفم على السلك التي تسبب تصدع أو كسر جسم كمبوزيت السلك وانكشاف الألياف والبنية الداخلية للكمبوزيت بالتالي إلى انحلال العامل اللاصق وجزء من البوليمير مسبباً تغيرا لونياً Silva)

(et al. 2012، الشكل 14-15، تساعد جميع العوامل السابقة في زيادة التصبغ اللوني لساك الكمبوزيت داخل الفم.

الشكل رقم 14 تأثير التصبغ في أطراف الساك نتيجة انحلال البوليمير حسب دراسة (Silva et al. 2012)

الشكل رقم 15 تأثير التصبغ في أطراف الساك حسب دراستنا

4- التقيم الرابع التلوث الجرثومي:

يسمح وضع الساك التقويمي ضمن الحاصرات بالفم بتشكل وتراكم اللويحة، بالتالي يسبب ارتفاع مستوى الجراثيم العقدية (الطافرة) بالمقارنة مع المرضى غير المعالجين تقويمياً (Lee et al. 2011، (Al-Anezi & Harradine. 2011)، حيث وجد Peros وزملاؤه زيادة بمستوى العقديات الطافرة بعد 3 أشهر من المعالجة التقويمية الفعالة (Peros et al. 2011)، بينما وجدت Sari & Biribci زيادة العقديات الطافرة بعد الأسبوع الثاني من تركيب الأجهزة التقويمية (Sari & Biribci. 2006)، أيده بذلك Turkoz وزملاؤه على زيادة العقديات الطافرة خلال خمسة عشر يوماً من تركيب الأجهزة (Turkoz et al. 2012)، مسببةً تلك الجراثيم نقصاً بالتمعدن وزيادة النخور السنية بعد إزالة الأجهزة التقويمية.

تبين النتائج من خلال الزرع الجرثومي زيادة بعدد المستعمرات الجرثومية خاصة العقديات الطافرة الملتصقة على سطح ساك الكمبوزيت بالمقارنة مع الساك المعدني بشكل مؤكد إحصائياً، بينما لا يوجد فرق إحصائي بالنسبة للأنواع الأخرى المكتشفة (الجراثيم المذهبة أو البشرية)، الشكل رقم 16.

الشكل رقم 16 متوسطات أعداد المستعمرات الجرثومية سواء لساك النيكل تيتانيوم وساك الكمبوزيت

تعزى هذه الزيادة إلى امتصاص absorption البوليمير للماء من اللعاب، حيث بينت النتائج زيادة بوزن البوليمير نتيجة امتصاص الماء بالمقارنة مع المعدن، مما يسمح لبروتينات القشيرة اللعابية بالالتصاق وهو بدوره يعمل كمستقبل أساسي receptor في التصاق العقديات الطافرة (Tanner et al. 2003)، يتبع التصاق الجراثيم تشكل المستعمرات بوجود السكروز، باستخدام الغلوكوزيل ترانسفيراز والسكاريد المتعدد خارج خلوي.

من جهة أخرى بينت الدراسات وجود مونومير متبقي بنسب قليلة جدا حتى إذا كان المنتج مسبق البلمرة ومن شركات كبرى، وهو يتناسب عكساً مع درجة البلمرة (Ohtonen et al. 2011)، (Brambilla et al. 2009)، يرتشح هذا المونومير leached out نحو خارج مادة البوليمير لفترة من الزمن أثناء الوضع بالماء بتلك الظروف، يحل محله جزئيات الماء water molecules في الفراغات بين سلسة البوليمير، من هنا تبدأ الجراثيم بالتصاق الأولي والذي يحدث بوجود قوى فان در والس Van der waals والكهرباء الساكنة (Tanner et al. 2001).

كما يعزى سبب هذه الزيادة إلى طاقة السطح surface energy وخاصية السطح المحب للماء. حيث يعتبر التوتر السطحي surface Tension لمادة البوليمير مهماً جدا في عملية الالتصاق المستعمرات، حسب زاوية التماس contact angle بين السطح والسائل الشكل (1-29)، حيث تسبب المادة ذات الطاقة السطحية العالية high energy surface إلى ادمصاص الماء (مادة محبة للماء- hydrophilic)، بالتالي زيادة التصاق المستعمرات حيث تلعب الكهرباء الساكنة دورا في عملية الالتصاق، بينما سطح المادة ذات الطاقة المنخفضة Low energy surface لا يسبب ادمصاص الماء (مادة كاره للماء- hydrophobic) بالتالي الإقلال من التصاق الجراثيم. لذلك تحتاج مادة البوليمير كمادة مرممة إلى الإنهاء والتلميع، أما على مستوى بوليمير الأسلاك فيتم معالجة التوتر السطحي من خلال نوعية الطبقة الواقية التي تعمل على خفض طاقة السطح لتقليل الادمصاص، مما يمنع استخدام الآليات الفيزيائية والكيميائية في الالتصاق. وهو ما أكدته نتائج الزرع بقلة المستعمرات المتشكلة على سطح سلك النيكل تيتانيوم بغض النظر عن الخشونة السطحية وعن التأكل بالفم رغم بقاء السلك المعدني مدة شهر بالفم (Lindel et al. 2011). وقد نصح Tanner وزملاؤه بمعالجة السطح بمادة hydrated polyethylene oxide لخفض طاقة السطح لإنقاص فعالية تراكم اللويحة (Tanner et al. 2000).

أيضاً يعزى الالتصاق إلى الخشونة، فكلما زادت الخشونة زادت نسبة التصاق العقديات وخاصة الطافرة إلى السطح الخشن، ويجب أن لا تتجاوز الخشونة عتبة 0.1 ميكرومتر التي يمكن ان تؤثر في كمية الجراثيم (Faltrmeier et al. 2008). تم دراسة خشونة سلك الكمبوزيت الخاص بالبحث وتبين ان معامل الخشونة لسلك الكمبوزيت هو 0.08 ميكرومتر نصح Tsibouklis وزملاؤه بتغطية سطح البوليمير بـ poly(methylpropenoxy fluoroalkylsiloxane) أو poly(perfluorooacrylate) للحصول سطح انعم (تقريبا اصغر من 6 نانومتر)، مما يمنع التصاق الجراثيم المسببة للنخر (Tsibouklis et al. 1999).

- من جهة أخرى يمكن أن نعزو زيادة عدد المستعمرات لسلك الكمبوزيت بالمقارنة مع السلك المعدني إلى قلة صلابته حيث تقدر صلابة سلك الكمبوزيت حوالي 199.8 (Nmm^2) وسلك النيكل تيتانيوم حوالي 411.7 (Nmm^2) من نتائج التقييم الأول. بذلك يعتبر سلك الكمبوزيت اقل صلابةً من سلك النيكل تيتانيوم بحوالي النصف، مما يسمح بحدوث تصدع وشقوق لسلك الكمبوزيت داخل الفم الذي يسمح بتراكم اللويحة. حيث يحدث التصدع والشقوق نتيجة لقوى المضغ التي تتراوح بمعدل التكرار 32- 80 دورة بالدقيقة (Picton. 1964 In: Mantel. 2011)، وهو ما أشار إليه Leung إلى حدوث زيادة بتعداد الجراثيم المتراكمة في الشقوق والفجوات لمادة البوليمير نتيجة الظروف الوسط الفموي (Leung et al. 2006) الشكل 17.

يبين الشكل 17 تأثير التصدع نتيجة قلة الصلابة على زيادة المستعمرات الجرثومية

يسمح التصدع والشقوق إلى انكشاف الألياف الزجاجية التي تعتبر ذات نسبة التصاق للجراثيم أكبر من مادة البوليمر المحيط (Tanner et al. 2000)، وهو بدوره يسمح هذا التصدع بزيادة امتصاص الماء الذي يحل العامل اللاصق بين المادة الرابطة والألياف (Lassila et al. 2002)، بالإضافة إلى حدوث اهتراء بسطح الألياف الزجاجية نتيجة التعرض للوسط المائي مما يسمح بزيادة التصاق الجراثيم بعوامل فيزيائية وكيميائية (Tanner et al. 2001).

يضاف إليها تأثير البيئة الفموية على المادة من حت wear من الطعام والشراب والصحة الفموية وعوامل الاهتراء من انخفاض لـ PH التي تسبب زيادة الخشونة نتيجة تقشر الطبقة

الواقية لسلك الكمبوزيت (Lindel et al. 2011) وهي بدورها تساعد أكثر على التصاق الجراثيم الشكل 18.



الشكل رقم 18 صورة السلك بعد 30 يوما من وضعه بالفم يبين تأثير البيئة الفموية على تقشر الطبقة الواقية

من جهة أخرى تم استعمال الربط بالحلقات مطاطية بالتجربة بدل الربط بأسلاك الفولاذ غير قابل للصدأ لتثبيت السلك الكمبوزيت داخل الحاصرات بالفم، الذي يسبب زيادة في نسبة الجراثيم المتشكلة (Lindel et al. 2011)، ولكن لا يعتبر سبباً كافيا للفرق بين سلك الكمبوزيت والسلك النيكل تيتانيوم بسبب تثبيت السلك المعدني الخاص بالتجربة بالربط المطاطي أيضاً.

- ❖ بالرغم من عدم وجود فرق ذو دلالة بعدد الجراثيم بين الفك العلوي والفك السفلي جدول رقم (3-29) إلا إن عدد الجراثيم بالفك العلوي اكبر من الفك السفلي في سلك النيكل تيتانيوم واقل في سلك الكمبوزيت جدول رقم (3-28)، بينما أكد Tanner على وجود مكورات طفرية وراصات Agglutinins وعوامل إلصاق أكثر في لعاب الغدة النكفية من لعاب الغدد تحت الفك أو تحت اللسانية (Tanner et al. 2001).

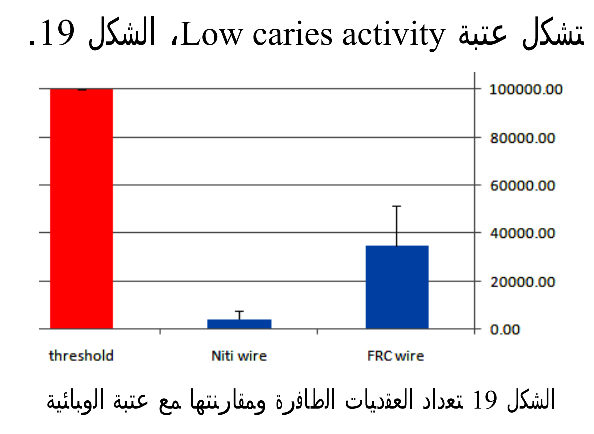
كانت نتائج البحث متوافقة مع جميع الأبحاث في زيادة أعداد المستعمرات على البوليمير مهما كان نوعية المنتج (Tanner et al. 2001)، (Sari & Biribci. 2006)، (Turkoz et al. 2012).

- فقد كانت أعداد المستعمرات المتشكلة على السلك الكمبوزيت المختبرة لدينا بفم المريض اقل من المستعمرات المتشكلة على مادة البوليمير المختبرة مخبرياً لدى Tanner وزملاؤه بحدود $60*10^3$ وظهرت بعد 14 يوم من الغمر بالماء وزاد عددها أكثر عند تغطيتها بالقشيرة اللعابية Saliva pellicle النكفي بحوالي $105*10^3$ (Tanner et al. 2001).

- كذلك كان عدد مستعمرات العقديات الطافرة لدراسة Turkoz حوالي $43*10^3$ خلال خمسة عشر يوماً، ونقصت إلى $32*10^3$ خلال 30 يوما من تركيب الأجهزة (Turkoz et al.

(2012، بينما كان عدد مستعمرات العقديات الطافرة في لعاب مرضى التقويم بعد خمسة عشر يوماً بدراسة Sari & Biribci حوالي $460*10^3$ (Sari & Biribci. 2006).

❖ وجد أن عدد المكورات العقديات الطافرة على سلك الكمبوزيت أعلى وبشكل مؤكد إحصائيا من سلك المعدني جدول رقم (3-27)، بالتالي زيادة نسبة النخر ولكن وجد فرق ذو دلالة كبير بين أعداد المستعمرات من نوع (*mutans*) Strept Viridans المتشكلة على سلكNiti & FRC مع العتبة Low caries activity الجدول (3-30)، وبما ان الفروق سلبية يدل على عدم بلوغ لهذه العتبة؛ مما يدعوا للقول ان أعداد المستعمرات الجرثومية المسببة للنخر والملتصقة بسلك الكموزيت اكبر من سلك النيكل تيتنايوم إلا إنها ضمن الحدود الوسطى لعدد المستعمرات التي تشكل عتبة Low caries activity، الشكل 19.



الشكل 19 تعداد العقديات الطافرة ومقارنتها مع عتبة الوبائية

بالتالي يمكن استخدام سلك الكمبوزيت على أن يتبع بغذاء خالي من الكربوهيدرات لكسر ثالوث النخر (Samaranayake. 2007), (Sari & Birinci. 2006) بالإضافة إلى الاعتناء بالصحة الفموية التي تمنع تشكل المستعمرات وتمنع تخمر الغذاء الغني بالكربوهيدرات ان وجد. بالإضافة إلى استخدام غسول الكلور هيكسدين Chlorhexidine بنسبة 0.2 % لإقلال نسبة الجراثيم العقديات الطافرة (*mutans*) Strepto، حيث اثبت كلّ من Sari & Birinci إمكانية إنقاص عدد العقديات الطافرة عند المرضى تقويم الأسنان باستخدام غسول الكلور هيكسدين 0.2 % بدءاً من الأسبوع الثاني للاستخدام (Sari & Birinci. 2006). وجد آخرون إمكانية إضافة ايونات كلور هكسيدين إلى مادة البوليمير للإقلال من الالتصاق الجرثومي (Leung et al. 2005)، ولكن من خلال تجارب التغير اللوني يمكن أن يسبب تغيراً لونياً بنسبة 38 % من اللون الأساسي لسلك الكمبوزيت جدول (3-24).

5- التقييم النهائي:

تم رفض نظرية العدم لجميع التقييمات بوجود فرق بين الأسلاك المعدنية التجميلية والشفافة من حيث الخواص الميكانيكية ووجود فرق بالاحتكاك بين أنواع الحاصرات التجميلية والأسلاك الشفافة ووجود تغير لوني للأسلاك الشفافة في الوسط الفموي أو المخبري ووجود فرق بينالأسلاك المعدنية التجميلية والشفافة من حيث التلوث الجرثومي بالوسط الفموي.

بما أن سلك الكمبوزيت المقوى بالألياف يتمتع بمعامل مرونة وصلابة اقل من النيكل تيتانيوم بحدود النصف تقريباً. ومقاومة أقل من النيكل تيتانيوم، كما يتعرض للخضوع بشكل أبكر من سلك النيكل تيتانيوم، مما يجعل سلك الكمبوزيت يدخل في مرحلة التشوه اللدن بشكل أبكر ضمن مجال الانحراف نفسه، مما جعله ذا نابضية أقل من سلك النيكل تيتانيوم خاصة القطر 0.014 & 0.016 أنش، بينما اظهر سلك الكمبوزيت بقطر 0.018 أنش نابضية أقرب لسلك النيكل تيتانيوم القطر نفسه. لكن وجد مجال انحراف سلك الكمبوزيت اكبر من سلك النيكل تيتانيوم تقريباً 3.46 & 2.65 & 3.34 مم للأقطار الثلاثة الترتيب لتحقيق اكبر قوة وهي بدورها اقل من قوة سلك النيكل تيتانيوم، ولكن أنتج قوة تفريغ للأقطار الثلاثة تشابه سلك النيكل تيتانيوم، ولا تأثير جوهري للرطوبة والحرارة على الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت، إنما الفرق ظهر فقط في انكسار سلك الكمبوزيت القطر 0.018 أنش بشكل أبكر، حتى عند تفريغ الطاقة لا فرق نوعي تقريباً لجميع الأقطار. كما لا يوجد فرق جوهري لسلك الكمبوزيت المطبق بالفم مدة 30 يوماً في الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت، ظهر الفرق في نقطة الفشل حيث ظهر الكسر للقطر 0.016 & 0.018 أنش. ولكن ظهرت المشكلة بانخفاض القوة المتولدة عن القطر 0.014 أنش.

كما تبين عدم وجود فرق إحصائي بقيم الاحتكاك الساكن بين النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت للقطر 0.014 أنش عند استخدام حاصرة الكريستال أو حاصرة الخزف، بينما أظهرت قيم الاحتكاك الساكن لسلك النيكل تيتانيوم ارتفاعاً واضحاً ذات دلالة بينه وبين سلك الكمبوزيت لقطر 0.016 & 0.018 أنش سواء عند استخدام حاصرة الخزف أو الكريستال. بالإضافة إلى عدم حدوث حرث على سلك الكمبوزيت مع حاصرة الخزف أو الكريستال. ولكن بقيت المقاومة الاحتكاكية الناتجة عن سلك الكمبوزيت مع حاصرة الخزف أعلى من حاصرة الكريستال عند استخدام القطر 0.018 أنش. ولا تأثير جوهري للمقاومة الاحتكاكية لسلك

الكمبوزيت المطبق بالفم عند استخدامه مع نوعي الحاصرتين أو مقارنةً مع سلك الكمبوزيت غير المطبق بالفم. بالإضافة فقد وجد تغير لوني عند غمر سلك الكمبوزيت بالماء المقطر وذلك بدءاً من اليوم الثامن، وهي على حدود العتبة بين المقبول سريرياً وغير المقبول سريرياً ثم يزداد في اليوم الواحد العشرين من الغمر، بينما يتناقص مقدار التغير اللوني في اليوم الواحد والثلاثين كما وجد تغيرٌ لوني لسلك الكمبوزيت لجميع أنواع الملونات الطبيعية المختبرة، وهي بالتدرج من الأعلى إلى الأقل القهوة ثم الشاي ثم الكولا، بينما مضمضة الكلور هيكسيدين هي الأقل تصبغاً، وبالتالي جميع الملونات المختبرة تسبب تغيراً لونياً لسلك الكمبوزيت غير المقبول سريرياً. كما وجد أن عدد المكورات العقديات الطافرة على سلك الكمبوزيت أعلى وبشكل مؤكد إحصائيا من السلك المعدني، وبالتالي يسبب زيادة نسبة النخر.

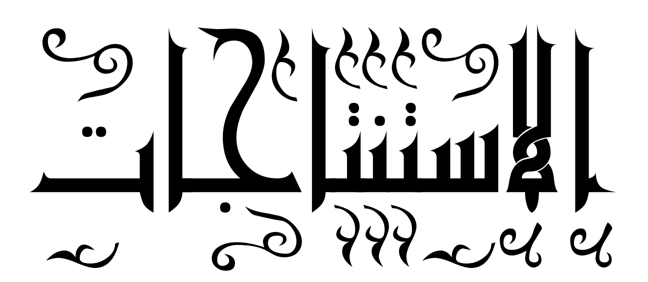
لكن باستعمال اختبار Odds ratios - Chi Square لدراسة الفرق النوعي بين النسب المئوية لحالات النجاح لسلك FRC على السلك المعدني بالاعتماد على التقييمات الأربعة ضمن شروط التجربة تبين وجود فرق نوعي بين النسب المئوية لحالات تفوق السلك المعدني على السلك بنسبة 60 % حالات التفوق لـ النيكل تيتانيوم و 40 % حالات الفشل لـ FRC، وبالتالي بالمطلق لا ينصح باستخدام السلك FRC.

لكن على اعتبار سلك الكمبوزيت سلك فائق المرونة كاذبة Pseudoelasticity وأنتج قوة تفريغ للأقطار الثلاثة تشابه سلك النيكل تيتانيوم. مما يسمح باستعماله بحذر لمرحلة الرصف والتسوية لحالات المعالجة دون قلع، بحيث لا يتجاوز الانحراف الأعظمي لكل قطر 3.46 & 3.34 & 2.65 مم للأقطار الثلاثة بالترتيب. مع الانتباه للقطر 0.014 أنش الذي تأثر بالعوامل داخل الحفرة الفموية والحرارة والرطوبة، فقد أظهر القطر 0.014 أنش قوة عند تفريغ الطاقة على مسافة 0.5 مم لا تكفي لحركة الأسنان لذلك لابد من تغيير السلك لقطر أكبر لتحقيق القوة المناسبة للرصف. وبما أن سلك الكمبوزيت يبدي احتكاكاً أقل من النيكل تيتانيوم، وبالتالي يمكن استخدامه مع حاصرة الكريستال للتقليل من الاحتكاك بالمقارنة مع حاصرة الخزف مع استخدام حلقات مطاطية ذات ثخانة صغيرة للتقليل من القوة الناظمة بالتالي انخفاض الاحتكاك وتقليل الحرث سواء كان السلك مطبقاً بالفم أو غير مطبق بالفم. أما التغير اللوني فيمكن وضع السلك أقل من 20 يوماً بفم المريض أو استخدام سلكيين بالقطر

نفسه في مدة 30 يوماً، والإقلال من تناول القهوة أو الشاي، بالإضافة إلى الاهتمام بالصحة الفموية.

كما لا يشكل عدد المستعمرات من نوع (*mutans*) Strept Viridans المتشكلة على سطح سلك الكمبوزيت أي مشكلة نخرية مقارنةً النيكل تيتانيوم بسبب أن كليهما لم يتجاوزا عتبة Low caries activity ويمكن الإقلال من الفعالية النخرية بإتباع غذاء خالي من الكربوهيدرات.

الباب الخامس



Conclusion

الاستنتاجات

التقييم الاول الخواص الميكانيكية:

1-ينتج سلك الكمبوزيت قوة خفيفة تساعد على حركة الأسنان ضمن الاستجابة النسيجية لتمتعه بصلابة تعادل نصف صلابة سلك النيكل تيتانيوم وينحرف بالمقدار نفسه لسلك النيكل تيتانيوم، لكن يخضع سلك الكمبوزيت بشكل أبكر من سلك النيكل تيتانيوم.

2-يحرر سلك الكمبوزيت قوة بشكل مشابه لسلك النيكل تيتانيوم للقطر 0.016 & 0.018 أنش، ولا ينتج سلك 0.014 أنش قوة كافية أثناء تحرر الطاقة لتحريك الأسنان وخاصة على بعد 0.5 مم.

3-لا تأثير جوهري للرطوبة والحرارة على الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت، وكان التأثير الأكبر هو على نقطة الفشل للقطر 0.018 أنش.

4-لا تأثير جوهري للحفرة الفموية ضمن مدة 30 يوماً على الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت، وكان التأثير الأكبر هو على نقطة الفشل للقطر0.016 & 0.018 أنش. ولكن أبدى القطر 0.014 أنش قوة ضعيفة غير مفيدة أثناء تفريغ الطاقة.

التقييم الثاني المقاومة الاحتكاكية

1-أبدى سلك الكمبوزيت مع حاصرتي الخزف والكريستال مقاومة احتكاكية ساكنة وحركية أقل من سلك النيكل تيتانيوم بالوضع الحيادي.

2-لا تأثير واضح بين نوعي السلكيين بالأقطار الصغيرة ويزداد الفرق كلما زاد القطر عند استخدام حلقات مطاطية ذات ثخانة صغيرة.

3-ضمن حدود الدراسة المخبرية أبدى سلك الكمبوزيت مقاومة احتكاكية أقل من سلك النيكل تيتانيوم بالوضع الفعال.

4- لا يبدي سلك الكمبوزيت المقوى بالألياف المطبق بالفم أي زيادة بالمقاومة الاحتكاكية عن سلك الكمبوزيت غير المطبق بالفم.

التقيم الثالث التغير اللوني

1- يتغير لون سلك الكمبوزيت بعد غمره بالماء المقطر ويصبح غير مقبول سريرياً بعد 20 يوماً من الغمر.

2- يتغير لون سلك الكمبوزيت من الملونات الطبيعية والغسول الفموي بشكل غير مقبول سريرياً، وتعد القهوة الأكثر تصبغاً يليها الشاي ثم الكولا وغسول الكلور هكيسدين.

3- يتغير لون سلك الكمبوزيت بعد وضعه بالفم مدة 30 يوماً بشكل غير مقبول سريرياً وتشكل الملونات الطبيعية المختبرة والغسول نسبة 58% من التغير اللوني الذي يصيب السلك داخل الفم.

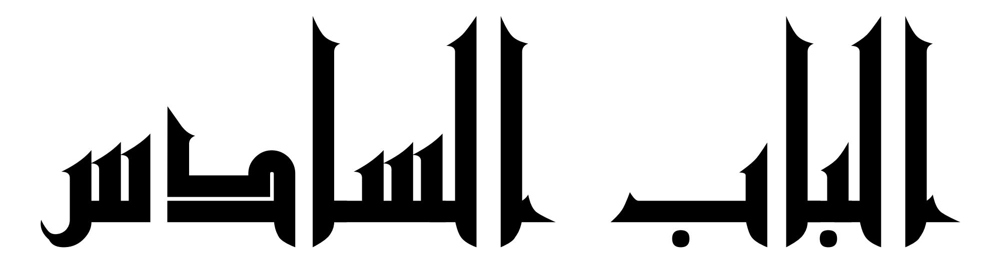
4- يزداد التغير اللوني بشكل واضح وشديد في حال عدم تواجد الطبقة الواقية أو زوالها وفي حال قلة الصلابة.

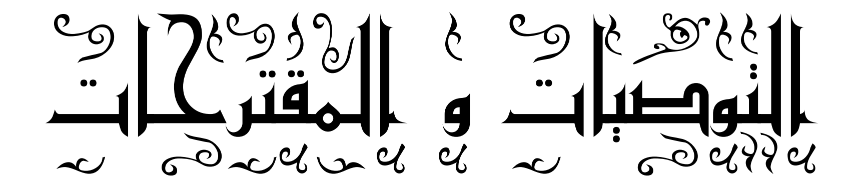
التقيم الرابع التلوث الجرثومي :

1- يزداد عدد مستعمرات العقديات الطفرية على سلك الكمبوزيت بشكل مؤكد إحصائياً بالمقارنة مع سلك النيكل تيتانيوم.

2- لا يوجد فرق نوعي بين الفك العلوي والسفلي في عدد مستعمرات العقديات الطفرية سواء بسلك الكمبوزيت أو سلك النيكل تيتانيوم.

3- لا تتجاوز عدد المكورات العقديات الطفرية المتشكلة على سلك الكمبوزيت وسلك االنيكل تيتانيوم عتبة "فعالية نخرية منخفضة" Low caries activity.





Recommendations and Suggestions

التوصيات

التقييم الأول الخواص الميكانيكية:

1- نوصي باستخدام سلك الكمبوزيت للرصف والتسوية بمدة لا تزيد عن 20 يوماً.

2- نوصي بعدم تشويه السلك بأكثر من 3.4 & 2.6 & 3.3 ملم للقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش، بالتالي لا ينصح باستعماله في حالات القلع لإمكانية تشوهه بمسافة اكبر من المسموح به نتيجة قوى الإطباق.

3- نوصي بتبديل سلك الكمبوزيت بقطر 0.014 أنش عند وصوله لمسافة 0.5 ملم بعد تفريغ القوة بقطر اكبر لاستمرار الحركة.

التقييم الثاني المقاومة الاحتكاكية

1-نوصي باستخدام سلك الكمبوزيت مع حاصرات الكريستال في حالات إرجاع الأنياب خاصة القطر 0.018 أنش لتمتعه بأقل مقاومة احتكاكية.

2-يفضل استعمال القطر 0.018 أنش لتمتعه بصلابة اكبر وللحصول على الحركة الجسمية على أن لا تزيد القوة المطبقة عن 1 نيوتن.

3-نوصي باستخدام حلقات مطاطية ذو ثخانة صغيرة للتقليل من الحرث الناتج عن حركة الانزلاق.

4-عدم زيادة القوة المطبقة عند إرجاع الناب عن 1 نيوتن للتقليل من الإمالة وبالتالي التقليل احتكاك الانحناء.

التقيم الثالث التغير اللوني

1- نوصي الشركة المصنعة بزيادة متانة الطبقة الواقية وإنقاص الخشونة للإقلال من التغير اللوني.

2- نوصي بعدم وضع السلك بأكثر من 20 يوماً بفم المريض.

3- الإقلال من تناول القهوة أو الشاي.

4- الاهتمام بالصحة الفموية بدون استخدام معاجين مبيضة أو فراشي قاسية.

التقيم الرابع التلوث الجرثومي :

1- نوصي الشركة المصنعة بزيادة متانة الطبقة الواقية وزيادة نعومة السطح للإقلال من التصاق المستعمرات الجرثومية.

2- نوصي الشركة المصنعة بإضافة ايونات الكلور هكيسيدين الى بنية المادة الرابطة.

3- نوصي باستعمال غسول الكلور هيكسيدين لإقلال من نمو المستعمرات الجرثومية وعدم الإكثار منها لمنع التغير اللوني.

4- الاهتمام بالصحة الفموية والتقليل من المأكولات الحاوية على الكربوهيدرات.

المقترحات

التقييم الاول الخواص الميكانيكية:

1- تقييم تأثير الحمولة المتكررة على تعب سلك الكمبوزيت.

2- تقييم تأثير درجة الحموضة على الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت.

3-دراسة محتوى ونسب مكونات السلك باستخدام جهاز X-Ray Fluorescence (XRF).

التقييم الثاني المقاومة الاحتكاكية

1- تعديل التجربة من حيث سماكة الرباط في نمذجة الناب ومن حيث المسافة بين الحاصرات.

2- دراسة الاحتكاك وتأثير الصلابة عليها على نوعية الحركة الناتجة باستخدام العناصر المنتهية.

3- دراسة سطح سلك الكمبوزيت بالمجهر الالكتروني المعرض للاحتكاك الحيادي او الفعال.

التقيم الثالث التغير اللوني

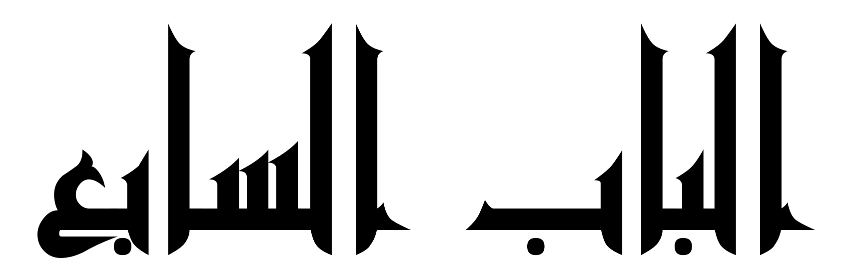
1- تقييم تأثير الحمولة على التغير اللوني لسلك الكمبوزيت.

2- تقييم تأثير درجة الحموضة على التغير اللوني لسلك الكمبوزيت.

التقيم الرابع التلوث الجرثومي :

1- دراسة جرثومية للمكورات الطفرية المتشكلة على سلك الكمبوزيت على الأطباق المخصصة.

2- دراسة جرثومية للعصيات اللبنية المتشكلة على سلك الكمبوزيت على الأطباق المخصصة.


الباب السابع


المراجع
Reference

Reference

A

Alander P, Lassila LVJ, Vallittu PK. The span length and cross-sectional design affect values of strength. Dental Materials. 2005;21:347-53.

Al-Anezi SA, Harradine NWT. Quantifying plaque during orthodontic treatment:A systematic review. The Angle orthodontist. 2011.

Angolkar PV, Kapila S, Manville G. Duncanson J, Nanda RS. Evaluation of friction between ceramic brackets and wires. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990;98(Dec):499-506.

Articolo L, Kusy K, Saunders C, Kusy R. Influence of ceramic and stainless steel brackets on the notching of archwires during clinical treatment Eur J Orthod. 2000;22(4):409-25.

Articolo L, Kusy R. Influence of angulation on the resistance to sliding in fixed appliances. Am J Ortho Dentofacial Orthop. 1999;115:39-51.

B

Baboni FB, Filho OG, Moreno AN, Rosa EAR. Influence of cigarette smoke condensate on cariogenic and candidal biofilm formation on orthodontic materials. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138:427-34.

Bandeira AMB, Santos MPAd, Pulitini G, Elias CN, Costa MFd. Influence of thermal or chemical degradation on the frictional force of an experimental coated NiTi wire. The Angle orthodontist. 2011 May;81(3):484-9.

Bartzela TN, Senn C, Wichelhaus A. Load-Deflection Characteristics of Superelastic Nickel-Titanium Wires. Angle Orthodontist. 2007;77(6):991-98.

Bednar J, Gruendeman G, Sandrik J. A Comparative Study of Frictional Forces Between Orthodontic Brackets and Arch Wires. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1991(100):513-22.

Bengel WM. Digital Photography and the Assessment of Therapeutic Results after Bleaching Procedures. J Esthet Restor Dent. 2003;15:S21-S32.

Brambilla E, Gagliani M, Ionescu A, Fadini L, García-Godoy F. The influence of light-curing time on the bacterial colonization of resin composite surfaces. dental materials. 2009; 25:1067-72.

Brantley WA, Elides T, Litsky AS. Machanics and Mechanical testing of orthodontic materials. In: Brantley WA, Elides T, editors. Orthodontic Material, Scientific and Clinical Aspects. New York: Thieme; 2001. p. 28-32.

Brantley WA. Orthodontic Wires. In: Brantley WA, Elides T, editors. Orthodontic Material, Scientific and Clinical Aspects. New York: Thieme; 2001(a). p. 77-103.

Burrow SJ. Critical Appraisal of in Vitro Steady-State Frictional Resistance Studies. Semin Orthod. 2010;16:244-8.

Burstone CJ, Liebler SAH, Goldberg AJ. Polyphenylene polymers as esthetic orthodontic archwires. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011;139:e391-e8.

C

Cacciafesta V, Sfondrini MF, Lena A, Scribante A, Vallittu PK, Lassila LV. Flexural strengths of fiber-reinforced composites polymerized with conventional light-curing and additional postcuring. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007 Oct;132(4):524-7.

Cacciafesta V, Sfondrini MF, Lena A, Scribante A, Vallittu PK, Lassila LV. Force levels of fiber-reinforced composites and orthodontic stainless steel wires: a 3-point bending test. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008 Mar;133(3):410-3.

Cacciafesta V, Sfondrini MF, Norcini A, Macchi A. Fiber-reinforced composites in lingual orthodontics. J Clin Orthod. 2005 Dec;39(12):710-4; quiz 6.

Cal NE, Hersek N, Sahin E. Water sorption and dimensional changes of denture base polymer reinforced with glass fibers in continuous unidirectional and woven form. The International journal of prosthodontics. 2000 Nov-Dec;13(6):487-93.

Cardoso PC, Reis A, Loguercio A, Vieira LCC, Baratieri LN. Clinical effectiveness and tooth sensitivity associated with different bleaching times for a 10 percent carbamide peroxide gel. JADA Middle East. 2011 Jan-Feb;2(1):45-52.

Celik EU, Aladag A, Turkun LS, Yilmaz G. Color Change of Dental Resin Composite before and after Polymerization and Stoage in Water. J Esthet Restor Dent. 2011;23:179-90

Chai J, Takahashi Y, Hisama K, Shimizu H. Effect of water storage on the flexural properties of three glass fiber-reinforced composites. The International journal of prosthodontics. 2005 Jan-Feb;18(1):28-33.

Chai J, Takahashi Y, Hisama K, Shimizu H. Water sorption and dimensional stability of three glass fiber-reinforced composites. The International journal of prosthodontics. 2004 Mar-Apr;17(2):195-9.

Chapman JA, Roberts WE, Eckert GJ, Kula KS, lez-Cabezase CG. Risk factors for incidence and severity of white spot lesions during treatment with fixed orthodontic appliances. Am J Ortho Dentofacial Orthop. 2010;138(188-94).

Chimenti C, Franchi L, Giuseppe MGD, Lucci M. Friction of Orthodontic Elastomeric Ligatures with Different Dimensions. Angle Orthodontist. 2005;75(3):421-25.

Commission Internationale de l'Eclairage. Colourimetry, official recommendations of the International Commission on Illumination. Publication CIE No. 15 (E.1.3.1). Paris, France: CIE; 1971.

Corekci B, Irgin C, Malkoc S, Osturk B. Effects of staining solution on discoloration of orthodontic adhesive: An in-vitro study. Am J Ortho Dentofacial Orthop. 2010;138:741-6.

D

Doshi UH, Bhad-Patil WA. Static frictional force and surface roughness of various bracket and wire combinations. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011;139:74-9.

Dowling P, Jones W, Lagerstorm L. An investigation into the behavioral characteristics of orthodontic elastomeric modules. Br J Orthod. 1998;25:197-202.

E

Elayyan F, Silikas N, Bearn D. Mechanical properties of coated superelastic archwires in conventional and self-ligating orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;137:213-7.

Eliades T, Bourauel C. Intraoral aging of orthodontics material: the picture we miss and its clinical relevance. Am J Ortho Dentofacial Orthop. 2005;127:403-12

Eliades T, Gioka C, Heim M, Eliades G, Makou M. Color Stability of Orthodontic Adhesive Resins. The Angle orthodontist. 2004;74:391-3.

Eliades T. Orthodontic materials research and applications:Part 2. Current status and projected future developments in materials and biocompatibility. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;131:253-62.

F

Fallis DW, Kusy RP. Variation in flexural properties of photo-pultruded composite archwires: analyses of round and rectangular profiles. Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 2000;11:683-93.

Faltermeie A, Bürgers R, Rosentrittc M. Bacterial adhesion of Streptococcus mutans to esthetic bracket materials. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008 April;133:S99-103.

Ferracane JL, Berge HX, Condon JR. In vitro aging of dental composites in water—Effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. Journal of biomedical materials research. 1998;42:465-72

Flemming RG, Capelli CC, Cooper SL, Proctor RA. Bacterial colonization of functionalized polyurethanes. Biomaterials. 2000;21:273-81.

Franchi L, Baccetti T, Camporesi M, Giuntini V. Forces released by nonconventional bracket or ligature systems during alignment of buccally displaced teeth. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009;136:316.e1-6.

Franchi L, Baccetti T. Forces released during alignment with a preadjusted appliance with different types of elastomeric ligatures. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006;129:687-90.

Freilich MA, Meiers JC, Goldberg AJ. Fiber-Reinforced composite fixed prostheses. In: Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J, editors. Contemporary Fixed Prosthodontics MOSBY-ELSEVIER; 2006. p. 830-42.

Fujihara.K, Teo.K, Gopal.R, Loh.P.L, Ganesh.V.K, Ramakrishna.S, Foong.K.W.C, Chew.C.L. Fibrous composite materials in dentistry and orthopaedics: review and applications. Composites Science Technology. 2004;64:775-88.

G

Gandini P, Orsi L, Bertoncini C, Massironi S, Franchi L. In Vitro Frictional Forces Generated by Three Different Ligation Methods. Angle Orthodontist. 2008;78(5):917-21.

Garcez AS, Suzuki SS, Ribeiro MS, Mada EY, Freitas AZ, Suzukia H. Biofilm retention by 3 methods of ligation on orthodontic brackets: A microbiologic and optical coherence tomography analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011;140:e193-e8.

Garrec P, Jordan L. Stiffness in Bending of a Superelastic Ni-Ti Orthodontic Wire as a Function of Cross-Sectional Dimension. Angle Orthod. 2004;74:691-96.

Ghu SJ. Use of reflectance Spectrophotometer in Evaluating Shade Change Resuling from Tooth - Whitening Products. J Esthet Restor Dent. 2003;15:s42-s48.

Gohring TN, Gallo L, Luthy H. Effect of water storage, thermocycling, the incorporation and site of placement of glass-fibers on the flexural strength of veneering composite. Dent Mater. 2005 Aug;21(8):761-72.

Goldberg AJ, Burstone CJ. The use of continuous fiber reinforcement in dentistry. Dent Mater. 1992;8(3):197-202.

Goldberg AJ, Liebler SAH, Burstone CJ. Viscoelastic properties of an aesthetic translucent orthodontic wire. European Journal of Orthodontics. 2011;33:673-78.

Gong Y, Lu J, Ding X. Clinical, microbiologic, and immunologic factors of orthodontic treatment-induced gingival enlargement. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011;140:58-64.

Gopal R. Design and Development of Composite Orthodontic Archwires alternative to metallic Wires. Singapore: National University of Singapore; 2003.

H

Hain M, Dhopatkar A, Rock P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. Am J Ortho Dentofacial Orthop. 2003;123:416-22.

Hammada SM, Al-Wakeelb EE, Gad E-S. Mechanical properties and surface characterization of translucent composite wire following topical fluoride treatment. Angle Orthodontist. 2012;82:8-13.

Huang Z-M, Gopal R, Fujihara K, Ramakrishna S, Loh PL, Foong WC, et al. Fabrication of a new composite orthodontic archwire and validation by a bridging micromechanics model. Biomaterials. 2003;24:2941-53.

I

Iijima M, Muguruma T, Brantley W, Choe H-C, Nakagaki S, Alapati SB, et al. Effect of coating on properties of esthetic orthodontic nickel-titanium wires. The Angle Orthodontist. 2012;82(2):319-25.

Imai T, Watari F, Yamagata S, Kobayashi M, Nagayama K, Nakamura S. Effects of water immersion on mechanical properties of new esthetic orthodontic wire. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999;116(5):533-8

Imai T, Watari F, Yamagata S, Kobayashi M, Nagayama K, Toyoizumi Y, et al. Mechanical properties and aesthetics of FRP orthodontic wire fabricated by hot drawing. Biomaterials. 1998;19:2195-200.

Imai T, Yamagata S, Watari F, Kobayashi M, Nagayama K, Toyoizumi H, et al. Temperature-dependence of the mechanical properties of FRP orthodontic wire. Dental materials journal. 1999 Jun;18(2):167-75.

Imamura S, Takahashi H, Hayakawa I, Loyaga-Rendon PG, Minakuchi S. Effect of filler type and polishing on the discoloration of composite resin artificial teeth. Dental materials journal. 2008;27(6):802-8.

J

Jadad E, Montoya J, Arana G, Gordillo LAA, Palo RM, Loguercio AD. Spectrophotometric evaluation of color alterations with a new dental bleaching product in patients wearing orthodontic appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011;140:e43-e7.

Jancar J, Dibenedetto AT, Goldberg A. Thermoplastic fibre-reinforced composites for dentistry, Part II Effect of moisture on flexural. properties of unidirectional composites. J Mater Sci: Mater in Med. 1993;4:562-8.

Jancar J, Dibenedetto AT. Fiber reinforced thermoplastic composites for dentistry, Part I Hydrolytic stability of the interface. J Mater Sci: Mater in Med. 1993;4:555-61.

Janda R, Roulet J-F, Latta M, Kaminsky M, Ruttermann S. Effect of exponential polymerization on color stability of resin-based filling materials. dental materials. 2007;23: 696-704.

Johnston W, Kao E. Assessment of appearance match by visual observation and clinical olorimetry. J Dent Res. 1989;68:819-22.

Jr SR, Soares P, Camargo ES, Filho OG, Tanaka O, Maruoc H. Biodegradation of orthodontic metallic brackets and associated implications for friction. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011;140:501-9.

Juvvadi SR, Kailasam V, Padmanabhan S, Chitharanjanc AB. Physical, mechanical, and flexural properties of 3 orthodontic wires: An in-vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138:623-30.

K

Kahlon S, Rinchuse D, Robison JM, Closed JM. In-vitro evaluation of frictional resistance with 5 ligation methods and Gianelly-type working wires. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138:67-71.

Kamelchuk LS, Rossouw PE. Development of a Laboratory Model to Test Kinetic Orthodontic Friction. Semin Orthod. 2003;9:251-61.

Kapila S, Angolkar PV, Duncanson MGJ, Nanda RS. Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990;98:117-26.

Kapila S, Sachdeva R. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. Am J Ortho Dentofacial Orthop. 1989;96:100-9.

Karaman AI, Kir N, Belli S. Four application of reinforced polyethylene fiber materialin orthodontic practice. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002;121:650-4.

Karamouzos A, Athanasiou AE, Papadopoulos MA, Kolokithasd G. Tooth-color assessment after orthodontic treatment: A prospective clinical trial. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138::537.e1-.e8.

Khambay B, Millett D, McHugh S. Archwire seating forces produced by different ligation methods and their effect on frictional resistance. European journal of orthodontics. 2005;27:302-8.

Khambay B, Millett D, McHugh S. Evaluation of methods of archwire ligation on frictional resistance. European journal of orthodontics. 2004;26(3):327-32.

Kojima Y, Fukui H, Miyajimac K. The effects of friction and flexural rigidity of the archwire on canine movement in sliding mechanics: A numerical simulation

with a 3-dimensional finite element method. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006;130:275.e1-.e10.

Kolbeck C, Rosentritt M, Lang R, Handel G. Discoloration of facing and restorative composites by UV-irradiation and staining food. Dental Materials. 2006;22:63-8.

Krishnan V, Kumar KJ. Mechanical Properties and Surface Characteristics of Three Archwire Alloys. Angle Orthod. 2004;74(6):825-31.

Kuehni R, Marcus R. An experiment in visual scaling of small colour Differences. Color Res Appl. 1979;4:83-91.

Kusy RP, Kennedy KC. Novel pultruded fiber-reinforced plastic and related apparatus and method. US patent 5 869 178 February 9, 1999.

Kusy RP, Whitley JQ. Influence of archwire and bracket dimensions on sliding mechanics: derivations and determinations of the critical contact angles for binding. European journal of orthodontics. 1999a;21:199-208.

Kusy RP, Whitley JQ. Influence of Fluid Media on the Frictional Coefficients in Orthodontic Sliding. Semin Orthod. 2003;9:281-9.

Kusy RP, Whitly JQ, J.Prewitt M. comparision of friction coefficient for selected archwire-bracket slot combination in the dry and wet states. The Angle orthodontist. 1991;61(4):293-302.

Kusy RP, Whitly JQ. Assessment of second-order clearances between orthodontic arcgwires and bracket slots via the critical contact angle for binding. The Angle orthodontist. 1999b;69(1):71-80.

Kusy RP, Whitly JQ. Resistance to sliding of orthodontic appliances in the dry and wet states: Influence of archwire alloy, interbracket distance, and bracket engagement. J Biomed Mater Res. 2000;52:797-811.

Kusy RP. Orthodontic Biomaterials: From the Past to the Present. Angle Orthodontist. 2002;72(6):501-12.

L

Labib AH, Tawfik WA, Rasheed A, El-Ruwaini M. Frictional Resistance Of Translucent Arch Wire (BIOMERS) Using ICE And DAMON3 Brackets With Different Ligation Methods. Egyptian Dental Association Journal. 2010;56(Oct).

Lassila LV, Nohrstrom T, Vallittu PK. The influence of short-term water storage on the flexural properties of unidirectional glass fiber-reinforced composites. Biomaterials. 2002 May;23(10):2221-9.

Lee H-J, Park H-S, Kim K-H, Kwon T-Y, Hong S-H. Effect of garlic on bacterial biofilm formation on orthodontic wire. Angle Orthod. 2011;81:895-900.

Lee Y-K. Comparison of CIELAB ΔE* and CIEDE2000 colordifferences after polymerization and thermocycling of resin composites. Dental Materials. 2005;21:678-82.

Leung D, Spratt DA, Pratten J, Gulabivala K, Mordan NJ, Young AM. Chlorhexidine-releasing methacrylate dental composite materials. Biomaterials. 2005;26:7145-53.

Leung NM, Chen R, Rudney JD. Oral bacteria in plaque and invading buccal cells of young orthodontic patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006;130:698.e11-.e18.

Li Y. Tooth Color Measurement Using Chroma Meter:Techniques, Advantages, and Disadvantages. J Esthet Restor Dent. 2003;15:s33-s41.

Liaw Y-C, Su Y-YM, Lai Y-L, Lee S-Y. Stiffness and frictional resistance of a superelastic nickel-titanium orthodontic wire with low-stress hysteresis. Am J Ortho Dentofacial Orthop. 2007;131:578.e12-.e18.

Libin N, Yunhua X, jianHong P, Hong W. Effects of heat treatment on mechanical properties and microstructure of tungsten fiber reinforced grey cast iron matrix composites. Research & Development. 2009;6(4):333-8.

Lim KF, Lew KKK, Toh SL. Bending Stiffness of Two Aesthetic Orthodontic Archwires: An in vitro Comparative Study. Clinical Materials. 1994;16:63-71.

Lindel ID, Elter C, Heuer W, Heidenblut T, Stiesch M, Schwestka-Polly R, et al. Comparative analysis of long-term biofilm formation on metal and ceramic brackets. The Angle orthod. 2011.

Loftus BP, Artun J. A model for evaluating friction during orthodontic tooth movement. European journal of orthodontics. 2001;23:253-61.

Lombardo L, Marafioti M, Stefanoni F, Mollica F, Siciliani G. Load deflection characteristics and force level of nickel titanium initial archwires. Angle Orthod. 2012;82:507-21.

M

Mantel A. Friction Testing of a New Ligature. Marquette: Marquette University; 2011.

Mckamey RP, Kusy RP. Stress-relaxing composite ligature wires: Formulations and characteristics. The Angle orthodontist. 1999;69(5):1999.

Mendes K, Rossouw PE. Friction: Validation of Manufacturer’s Claim. Semin Orthod. 2003;9:236-50.

Meric G, Ruyter IE. Effect of thermal cycling on composites reinforced with two differently sized silica-glass fibers. Dent Mater. 2007;23:1157-63.

Meric G, Ruyter IE. Influence of thermal cycling on flexural properties of composites reinforced with unidirectional silica-glass fibers. Dent Mater. 2008 Aug;24(8):1050-7.

Montanaro L, Campoccia D, Rizzi S, Donatia ME, Breschi L, Prati C, et al. Evaluation of bacterial adhesion of Streptococcus mutans on dental restorative materials. Biomaterials. 2004;25:4457-63.

Moore R, Watts J, Hood J, Burritt D. Intra-Oral temperature variation over 24 hours. European journal of orthodontics. 1999;21:249-61.

Morii T, Tanimoto T. Weight Changes of A Randomly Orientated GRP Panel In Hot Water Composites Science Technology. 1993;49:209-16.

Munsell AH. A color notation. 11th ed. Baltimore, Md: Munsell Color; 1961. p. 15-20.

Musanje L, Darvell BW. Effects of strain rate and temperature on the mechanical properties of resin composites. Dental Materials. 2004;20:750-65.

N

Nakano H, Satoh K, Norris R, Jin T, Kamegai T, Ishikawa F, et al. Mechanical properties of several nickel-titanium alloy wires in three-point bending tests. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1999;115:390-5.

Nanda RS, Ghosh J. Biomechanical Considerations in Sliding Mechanics. In: Nanda R, editor. Biomechanics in Clinical Orthodontics. 1997. p. 188-217.

O

Ogata RH, Duncanson MGJ, Nanda RS, Currier GF, Sinha PK. Friction resistances in stainless steel bracket -wire combination with effects of vertical deflection. Am J Ortho Dentofacial Orthop. 1994.

Ohtonen J, Vallittu PK, Lassila LVJ. Effect of monomer composition of polymer matrix on flexural properties of glass fibre-reinforced orthodontic archwire. European Journal of Orthodontics. 2011;November(4):1-5.

Oliver CL, Daskalogiannakis J, Tompson BD. Archwire depth is a significant parameter in the frictional resistance of active and interactive, but not passive, self-ligating brackets. The Angle orthodontist. 2011:1-9.

Olson JE. The Effect Of Archwire Vibrations On The Stick-Slip Behavior Of The Bracket-Archwire Interface Utilizing Clinically Relevant Tipping Moments. Kansas City, Missouri: University of Missouri; 2011.

Ozcelik TB, Yilmaz B, Ozcan I, Kircelli C. Colorimetric analysis of opaque porcelain fired to different base metal alloys used in metal ceramic restorations. The Journal of prosthetic dentistry. 2008;99:193-202.

P

Peros K, Mestrovic S, Anic-Milosevic S, Slaj M. Salivary microbial and nonmicrobial parameters in children with fixed orthodontic appliances. The Angle orthodontist. 2011;81:901-6.

Proffit WR. Contemporary Orthodontics. Mosby; 2007. p. 552-78.

R

Rahim TNAT, Mohamad D, Akil HM, Rahman IA. Water sorption characteristics of restorative dental composites immersed in acidic drinks. Dent Mater. 2012;28:e63-e70.

Reicheneder CA, Baumert U, Gedrange T, Proff P, Faltermeier A, Muessig D. Frictional properties of aesthetic brackets. European journal of orthodontics. 2007 Aug;29(4):359-65.

Reznikov N, Har-Zion G, Barkana I, Abed Y, Redlichd M. Measurement of friction forces between stainless steel wires and ‘‘reduced-friction’’ self-ligating brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138:330-8.

Ricketts MR, Bench RW, Gugino CF, Hilgers JJ, Schulhof RJ. Bioprogressive JPO: Therapy; 1979.

Roberts WE. Bone physiology, Metabolism, and Biomechanics in Orthodontic Practice. In: Graber TM, Vanarsdall RL, editors. Orthodontics: Current Principles and techniques. St Louis: Mosby; 2005. p. 221-91.

Rossouw PE, Kamelchuk LS, Kusy RP. A Fundamental Review of Variables Associated with Low Velocity Frictional Dynamics. Semin Orthod. 2003(a);9:223-35.

Rossouw PE. Friction: An Overview. Semin Orthod. 2003(b) December;9(4):218-22.

Rucker BK, Kusy RP. Elastic Properties of alternative Versus Single-Stranded leveling ArchWires. Am J Ortho Dentofacial Orthop. 2002;122:528-41.

Russell M, Gulfraz M, Moss B. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. J Oral Rehabil. 2000;27:786-92.

S

Samaranayake L. Essential Micobiology for Dentistry. Third ed: Elesevier; 2006.

Sari E, Birinci I. Microbiological Evaluation of 0.2% Chlorhexidine Gluconate Mouth Rinse in Orthodontic Patients. Angle Orthod. 2006;77(5):881-84.

Saunders C, Kusy R. Surface topography and frictional characteristics of ceramic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1994;106(1):76-87.

Schutte CL. Enviromental durability of glass-fiber composites. Materials Science and Engineering. 1994;R13:265-324.

Silva DLd, Mattos CT, Araujo MVAd, Ruellas ACdO. Color stability and fluorescence of different orthodontic esthetic archwires. Angle Orthod. 2012.

Sims A, Waters N. A comparison of the forces required to produce tooth movement in vitro using two self-ligating brackets and a pre-adjusted bracket employing two types of ligation. European journal of orthodontics. 1993;15:377-85.

Smith DV, Rossouw PE, Watson P. Quantified Simulation of Canine Retraction:Evaluation of Frictional Resistance. Semin Orthod. 2003;9:262-80.

Soares CJ, Pizi EC, Fonseca RB, Martins LR. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. Braz Oral Res. 2005 Jan-Mar;19(1):11-6.

Solnit GS. The effect of methyl methacrylate reinforcement with Silane-treated and untreated glass fibers. J Prosthet Dent. 1991;66:310-14.

Southard T, Marshall S. Friction does not increase anchorage loading. Am J Orthod Dentotofacial Orthop. 2007;131:412-4.

Speranza G, Gottardi G, Pederzolli C, Lunelli L, Canteri R, Pasquardini L, et al. Role of chemical interactions in bacterial adhesion to polymer surfaces. Biomaterials. 2004;25:2029-37.

Stefanos S, Secchi AG, Coby G, Tanna N, Manted FK. Friction between various self-ligating brackets and archwire couples during sliding mechanics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138:463-7.

Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. Dental Materials. 2001;17:87-94.

Suwa N, Watari F, Yamagata S, Iida J, Kobayashi M. Static-dynamic friction transition of FRP esthetic orthodontic wires on various brackets by suspension-type friction test. Journal of biomedical materials research. 2003 Nov 15;67(2):765-71.

Swan N, Silikas M. Mechanical properties of fiber reinforced composite FRC orthodontic archwires. 20th European Dental Materials Meeting in Manchester, August, 2009.

T

Takahashi Y, Chai J, Tan SC. Effect of water storage on the impact strength of three glass fiber-reinforced composites. Dent Mater. 2006 Mar;22(3):291-7.

Tanaka S, watari F, Iida J. change of mechanical properties of esthetic orthodontic wire with fiber reinforced plastic structure in wet condition J J Dent Mate. 2004;23(1):29-39.

Tanner J, Carlen A, derling ES, Vallittu PK. Adsorption of Parotid Saliva Proteins and Adhesion of Streptococcus Mutans ATCC 21752 to Dental Fiber-Reinforced Composites. J Biomed Mater Res Part B. 2003;Appl Biomater 66B:391-8.

Tanner J, Vallittu PK, derling ES. Effect of water storage of E-glass fiber-reinforced composite on adhesion of Streptococcus mutans. Biomaterials. 2001;22:1613-8.

Tanner J, Vallittu PK, Soderling E. Adherence of Streptococcus mutans to an E-glass fiber–reinforced composite and conventional restorative materials used in prosthetic dentistry. J Biomed Mater Res. 2000;49:250-6.

Tashkandi Y, Huggare J, El-Homsi F. Tooth Discoloration after Bracket De-binding An in Vitro Study. Dental News. 2011;XVIII(III):13-17.

Tecco S, Di Iorio D, Cordasco G, Verrocchi I, Festa F. An in vitro investigation of the influence of self-ligating brackets, low friction ligatures, and archwire on frictional resistance. European journal of orthodontics. 2007 Aug;29(4):390-7.

Tecco S, Festa F, Caputi S. Friction of conventional and self-ligating brackets using a 10 bracket model. The Angle orthodontist. 2005;75(6):1041-5.

Tecco S, Tete S, Festa F. Friction between Archwires of Different Sizes, Cross-Section and Alloy and Brackets Ligated with Low-Friction or Conventional Ligatures. The Angle orthodontist. 2009;79:11-116.

Tidy DC. Frictional forces in fixed appliances. Am J Orthod Dentotofacial Orthop. 1989;96:249-54.

Toyoizumi H, Watari F, Imai T, Yamagata S, Kobayashi M. Fabrication of esthetic orthodontic wire with flexural and torsional stiffness by photo curing method. Jpn J Dent Mater. 1999;18:429-40.

Tsibouklis J, Stone M, Thorpe AA, Graham P, Peters V, Heerlien R, et al. Preventing bacterial adhesion onto surfaces: the low-surface-energy approach. Biomaterials. 1999;20:1229-35.

Turkoz C, Bavbek NC, Varlik SK, Akca G. Influence of thermoplastic retainers on Streptococcus mutans and Lactobacillus adhesion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2012;141:598-603.

U

Uga M, Watari F, Kobayashi M, Imai T, Yamagata S, Iida J. Bracket suitable for esthetic orthodontic wires. Jpn J Dent Mater. 2000;19(553-564).

V

Valiathan A, Dhar S. Fiber Reinforced Composite Arch-Wires in Orthodontics: Function Meets Esthetics. Trends Biomater Artif Organs. 2006;20(1):16-9.

Vallittu PK, Ruyter IE, Ekstrand K. Effect of water storage on the flexural properties of E-glass and silica fiber acrylic resin composite. The International journal of prosthodontics. 1998 Jul-Aug;11(4):340-50.

Vallittu PK. Effect of 180-week water storage on the flexural properties of E-glass and silica fiber acrylic resin composite. The International journal of prosthodontics. 2000 Jul-Aug;13(4):334-9.

W

Watanabe E, Stigall G, Elshahawy W, Watanabe I. Deflection load characteristics of laser-welded orthodontic wires. The Angle Orthodontist. 2012;82(4):698-702.

Watari F, Yamagata S, Imai T, Nakamura S, M MK. The fabrication and properties of aesthetic FRP wires for use in orthodontics. Journal of materials science. 1998;33:5661-4.

Waters N, Stephens C, Houston W. Physical Characteristics of Orthodontic Wires and Archwires - Part 1. Brit J Orthod. 1975; 2(1):15-24.

Wee AC, Lindsey D, Kuo S, Johnston W. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. Dental materials. 2006(b); 22:553-9.

Wee AC. Description Of Color, Color-Replication Process, And Esthetics. In: Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J, editors. Contemporary Fixed Prosthodontics Fourth ed: MOSBY-ELSEVIER; 2006(a). p. 709-39.

Y

Yamagata S, Imai T, Watari F. An experimental study of the development of an esthetic transparent orthodontic wire with fiber reinforced plastic structure. Hokkaido J Dent Sci. 1995;16:225-44.

Yijin R, Maltha JC, Van MA. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movment: A mathematic model. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2004;125:71-7.

Z

Zufall SW, Kennedy KC, Kusy RP. Frictional characteristics of composite orthodontic archwires against stainless steel and ceramic brackets in the passive and active configurations. Journal of materials science. 1998 Nov;9(11):611-20

Zufall SW, Kusy RP. Sliding Mechanical of Coated Composite Wires and the Development of an Engineering Model for Binging. The Angle orthodontist. 2000;70:34-47.

Zufall SW, Kusy RP. Stress relaxation and recovery behavior of composite orthodontic archwires in bending. European journal of orthodontics. 2000;22:1-12.

المراجع العربية:

1. سلطان ك. دراسة قوى الاحتكاك لبعض الحاصرات التقويمية وأثر اهتراء سطوحها في البيئة الفموية على تلك القوى. دمشق: جامعة دمشق، 2010.
2. الكاتب خ. تأثير نوع مادة وقطر القوس السلكية التقويمية واتجاه تطبيق القوة على معدل الحمولة والانحراف الخاص بها -دراسة مخبريه مقارنة- دمشق: جامعة دمشق، 2012. *in press*
3. بابا ف، صوان م ن، السليمان م. مقارنة المقاومة الاحتكاكية لنوعين من مطاط الـربط وتأثير كل من مادة السلك ونوع الحاصرة التجميلية عليها. مجلة جامعة دمشق للعلوم الصحية 2012. *in press*
4. بابا ف، صوان م ن، السليمان م. تقييم تأثير شق الحاصرة على المقاومـة الاحتكاكيـة الناتجة بين السك التجميلي والحاصرة التجميلية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الصحية، 2012. . *in press*
5. الغضبان أم. أثر الاستعمار الجرثومي على المقاومة الميكانيكية للمواد السـنية الأكثـر استعمالاً في الترميمات التاجية – الجذرية (دراسة مخبرية). جامعة دمشق: دمشق، 2011.

الملخص

تعتبر الظروف ضمن البيئة الفموية التي تتعرض لها أي مادة كثيرة من حرارة ورطوبة وقوى ماضغة وحموضة او قلوية للعاب بالتالي يجب أن لا تتحطم ولا تنتج ردود فعل معاكسة نتيجة الاجهادات التي تتعرض لها ضمن البيئة الفموية. بالإضافة إلى المشروبات الملونة المتناولة كذلك قدرتها على إلتصاق أو عدمه للويحة، لذلك فان اختيار سلك من مادة شفافة لابد من امتلاكه صفات مطلوبة لاستخدام السريري .

فقد هدف البحث الى دراسة وتقييم الخواص الميكانيكية والاحتكاكية واللونية والجرثومية لأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف.

المواد والطرق: استخدم 420 سلك كمبوزيت مقوى بألياف الزجاجية FRC بـ ثلاث قياسات و65 سلك من أسلاك نيكل تيتانيوم المطلية Coated Niti بـ ثلاث قياسات بالإضافة الى استخدم 300 حاصرة ناب تجميلية من نوعين مختلفين (خزف وكرستال). كما استخدم مجموعة من الملونات الطبيعية بالإضافة إلى أطباق بتري للزرع الجرثومي. تم إجراء أربع تقييمات لسلك الكمبوزيت، الأول تقييم الخواص الميكانيكية، حيث قسمت الأسلاك خمس مجموعات كل مجموعة تحوي 15 سلكاً من كل قطر. خصصت المجموعة الأولى كمجموعة شاهدة لدراسة الخواص الميكانيكية لخواص أسلاك النيكل تيتانيوم والثانية لدراسة الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت الجاف والثالثة لدراسة الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت بعد غمره بالماء المقطر، والرابعة لدراسة الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت بعد إخضاع السلك لـ 500 دورة حرارية والمجموعة الخامسة لدراسة الخواص الميكانيكية لسلك الكمبوزيت بعد تطبيقه مدة 30 يوماً في فم المريض، طبق اختبار الانحناء ثلاثي النقاط واختبار الاستعادة لدراسة الخواص الميكانيكية باستخدام جهاز Universal machine. أما التقييم الثاني فهو دراسة المقاومة الاحتكاكية لسلك الكمبوزيت مع نوعين من الحاصرات التجميلية (الخزف والكريستال) حيث قسمت الى ستة مجموعات كل مجموعة تحوي 14 سلكاً من كل قطر، الأولى احتكاك سلك النيكل تيتانيوم مع حاصرة الخزف والثانية سلك النيكل تيتانيوم مع حاصرة الكريستال أما الثالثة فكانت سلك الكمبوزيت مع حاصرة الخزف والرابعة مع حاصرة الكريستال والخامسة سلك الكمبوزيت المطبق بالفم لمدة 30 يوماً مع حاصرة الخزف، السادسة سلك الكمبوزيت المطبق بالفم لمدة 30 يوماً مع حاصرة الكريستال. استخدم

لقياس المقاومة الاحتكاكية الساكنة والحركية بالوضع الحيادي جهاز Universal machine، كما قيست المقاومة الاحتكاكية بالوضع الفعال عن طريق إضافة وزن0.5، 1 نيوتن. أما التقييم الثالث فكان قياس التغير اللوني بواسطة حساس ضوئي باستخدام كاميرا عالية الدقة مع برنامج soft ware يحوي نظام CIE اللوني لقياس التغيير اللوني حيث غمرت الأسلاك بالماء المقطر لمدة 30 يوما بالإضافة الى غمر الأسلاك في الشاي والقهوة والكولا والمضمضة الفموية بالإضافة إلى قياس التغير اللوني لسلك الكمبوزيت بعد وضعه بفم المريض لمدة 30 يوما بالفم. أخيراً التقييم الربع قياس عدد المستعمرات الجرثومية المتشكلة على سطح سلك الكمبوزيت والنيكل تيتانيوم بعد وضعهما بفم المريض لمدة 30 يوما ثم زرعهما على أطباق البتري والحصول على CFU للمستعمرات المتشكلة.

النتائج: أظهرت النتائج وجود فرق معنوي بمعامل المرونة والصلابة بين سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت لقطر 0.014 & 0.016 & 0.018 أنش حيث يشكل سلك الكمبوزيت 44% & 46% & 51% من صلابة سلك النيكل تيتانيوم لمختلف الأقطار على الترتيب. ولكن لا يوجد فرق معنوي بين سلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت $P>0.05$ على مسافة 1.5 & 1 & 0.5 ملم لمختلف الأقطار المختبرة عند تفريغ الطاقة للسك Unload. سببت الرطوبة والحرارة ارتفاعاً طفيفاً بالخواص الميكانيكية رغم عدم وجود فرق معنوي، كما ظهر عدم وجود فرق معنوي بين الجاف والمطبق بالفم ضمن الفترة المطبقة. ولا يوجد فرق جوهري بين النيكل تيتانيوم وسلك الكمبوزيت بقطر 0.014 عند استخدام حاصرة الكريستال. بينما أظهرت قيم الاحتكاك الساكن لسلك النيكل تيتانيوم ارتفاعا واضحاً ذات دلالة بينه وبين سلك الكمبوزيت لقطر 0.016 & 0.018 سواء عند استخدام حاصرة الخزف او الكريستال $P<0.05$. وجد تغيراً لونياً لسلك الكمبوزيت لجميع أنواع الملونات الطبيعية المختبرة. وتبين النتائج من خلال الزرع الجرثومي زيادة بعدد المستعمرات الجرثومية خاصة العقديات الطفرية الملتصقة على سطح سلك الكمبوزيت بالمقارنة مع السلك المعدني بشكل مؤكد إحصائياً، بينما لا يوجد فرق إحصائي بالنسبة للأنواع الأخرى المكتشفة (الجراثيم المذهبة أو البشرية).

الخلاصة: ينتج سلك الكمبوزيت قوة خفيفة تساعد على حركة الأسنان ضمن الاستجابة النسيجية لتمتعه بصلابة تعادل نصف صلابة سلك النيكل تيتانيوم وينحرف بنفس مقدار سلك النيكل تيتانيوم، لكن يخضع سلك الكمبوزيت بشكل أبكر من سلك النيكل تيتانيوم، وقد ابدى

سلك الكمبوزيت مع حاصرتي الخزف والكريستال مقاومة احتكاكية ساكنة وحركية أقل من سلك النيكل تيتانيوم بالوضع الحيادي، كما تغير لون سلك الكمبوزيت من الملونات الطبيعية والغسول الفموي بشكل غير مقبول سريرياً، وتعتبر القهوة الأكثر تصبغاً يليها الشاي ثم الكولا وغسول الكلور هكيسدين. يزداد عدد مستعمرات العقديات الطفرية على سلك الكمبوزيت بالمقارنة مع سلك النيكل تيتانيوم. ولكن لا تتجاوز عدد المكورات العقديات الطفرية المتشكلة على سلك الكمبوزيت وسلك االنيكل تيتانيوم عتبة "فعالية نخرية منخفضة" Low caries activity. بالتالي يمكن استخدام السلك لحالات الرصف والتسوية بازدحام من الدرجة الأولى والثانية على ألا يتجاوز انحراف السلك المسموح فيه لكل قطر.

Summary

Thermal, moisture effects, masticator force, acid of saliva are circumstances of oral cavity which are affected on dental wires materials, so these wire material mustn’t break down or act opposite side because strain which exposure inside oral cavity. in addition to colored beverages,

adhered of plaque on surface. So selective of translucence material must have many properties for clinical using.

The aim of study was to evaluate colored, bacterial, frictional and mechanical properties of translucent orthodontics wires

The material and method:420 FRC wires , 65 coated Niti wires for multi diameter (0.014 -0.016- 0.018) inch. 300 aesthetic brackets, 0.018 inch slot were used (150 Single crystalline Alumina bracket, 150 Poly crystalline Alumina bracket), in addition to multi beverages (coffee, tea, cola, mouth washing), Petri dishes for bacterial culture. Four evaluations carry out for FRC wire. The first is mechanical properties, which the samples were divided to five groups, every one contained 15 wire of one diameter. The first group was mechanical properties of Niti wire as control group, second group was mechanical properties FRC wire(dry), third group was mechanical properties FRC wire in wet environment, the fourth group was mechanical properties FRC wire of thermal cycle, the last group was mechanical properties FRC wire after applied them 30 day at oral cavity. Universal Testing Machine (INSTRON)-50 N load cell and ASTM D 790 standard design were used. flexural test and recovery test were used to evaluate the mechanical properties of FRC wirs by three point bending test, Speed of cross head is 1mm.min, the length of span is 14mm. Second evaluation was friction of FRC with aesthetic bracket (poly crystalline, single crystalline) which the samples were divided to six groups, every one contained 14 wires. The first group was friction resistance of Niti wire with poly bracket. The second group was friction resistance of Niti wire with single bracket, the third group was friction resistance of FRC wire with poly bracket, fourth group were friction resistance of FRC wire with Single bracket, fifth & sixth group was friction resistance of FRC wire which applied 30 days in oral cavity, with poly & single brackets. Universal Testing Machine (INSTRON)- were used to evaluate friction resistance (static – kinetic) at passive configuration

Third evaluation was colored change of FRC, optical sensitive and soft ware contain CIE system was used for colored change analysis after immersion the FRC wire in tea coffee cola liquid and mouth washing in addition to colored change after applied in oral cavity, the last evaluation was bacterial colony counted which formed on composite and niti wire surface and determined the CFU.

The data analyzed by SPSS 17 Using independent sample T-test to compare between independent groups , Paired sample T–test to compare between independent groups, One sample test to compare mean of colored change and bacterial colony counted with threshold of clinical acceptance or low caries activity.

The result: there were significant different between modulus elastic and stiffness of composite wires and Niti wires for size 0.014 & 0.016 & 0.018 inch, so the composite wires was 44% & 46% & 51% of Niti wire stiffness, but no significant between Niti & FRC wire at 1.5- 1- 0.5 mm for multi size of wires at Unload test of wires. light increasing of FRC mechanical properties after exposure to thermal or wet conditions but no significant, also, no significant between dry FRC wire and oral applied FRC wire at 30 days. no significant of friction between Niti & FRC wire at 0.014 inch using single crystalline bracket, but there was significant at static friction of between Niti & FRC wire at 0.016 & 0.018 inch using single crystalline or poly crystalline bracket $P<0.05$. There were colored changes at FRC wires using all beverages in experiments. And increasing number of streptococci *mutans* at surface of FRC wire $p<0.05$.

Conclusion: composite wire produced light force, it helped teeth movement at tissue responsibility, it had stiffness at 50% of stiffness Niti wire and deflected as same as niti wire, but it yielded less than niti wire, composite wire with single crystalline or poly crystalline bracket showed static or Kinetic friction less than niti wire at passive configuration. Change of composite wire color from all beverage and mouth washing were clinically unacceptance, so the coffee was more stain, then tea, cola and clor hexesidine mouth washing. Streptococci *mutans* increased at surface of FRC wire but didn’t pass low caries activity threshold.



الملحق الأول (ملحق *تقييم الخواص الميكانيكية*)

1- نتائج اختبار حرق الأسلاك الكمبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية لمعرفة حجم الألياف داخل الأسلاك (اجري الاختبار بمخبر الكيمياء التابع للكلية الهندسة الميكانيكية بإشراف الدكتور صلاح حاج عمر).

تم حرق العينة لمدة 1 ساعة بدرجة حرارة 450 درجة مما يسبب تبخر البوليمير وبقاء الألياف الزجاجية وفق الحساب التالي الجدول 1:

قطر السلك\انش	0.014	0.016	0.018
وزن الأسلاك قبل الحرق\غ	0.4492\غ	0.7075\غ	0.4148\غ
وزن الألياف الزجاجية المتبقية بعد الحرق\غ	0.3415\غ	0.5278\غ	0.3228\غ
نسبة حجم الألياف بالنسبة إلى الوزن الكلي **V_f :fiber volume fraction**	**%76.02**	**%74.6**	**%77.22**

الشكل رقم 1: المواصفة القياسية العالمية (ASTM D 790 standard)



Designation: D 790 – 03

Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials[1]

This standard is issued under the fixed designation D 790; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

الشكل رقم 2 المواصفة القياسية العالمية رقم ASTM F 1634

 Designation: F 1634 – 95 (Reapproved 2000)

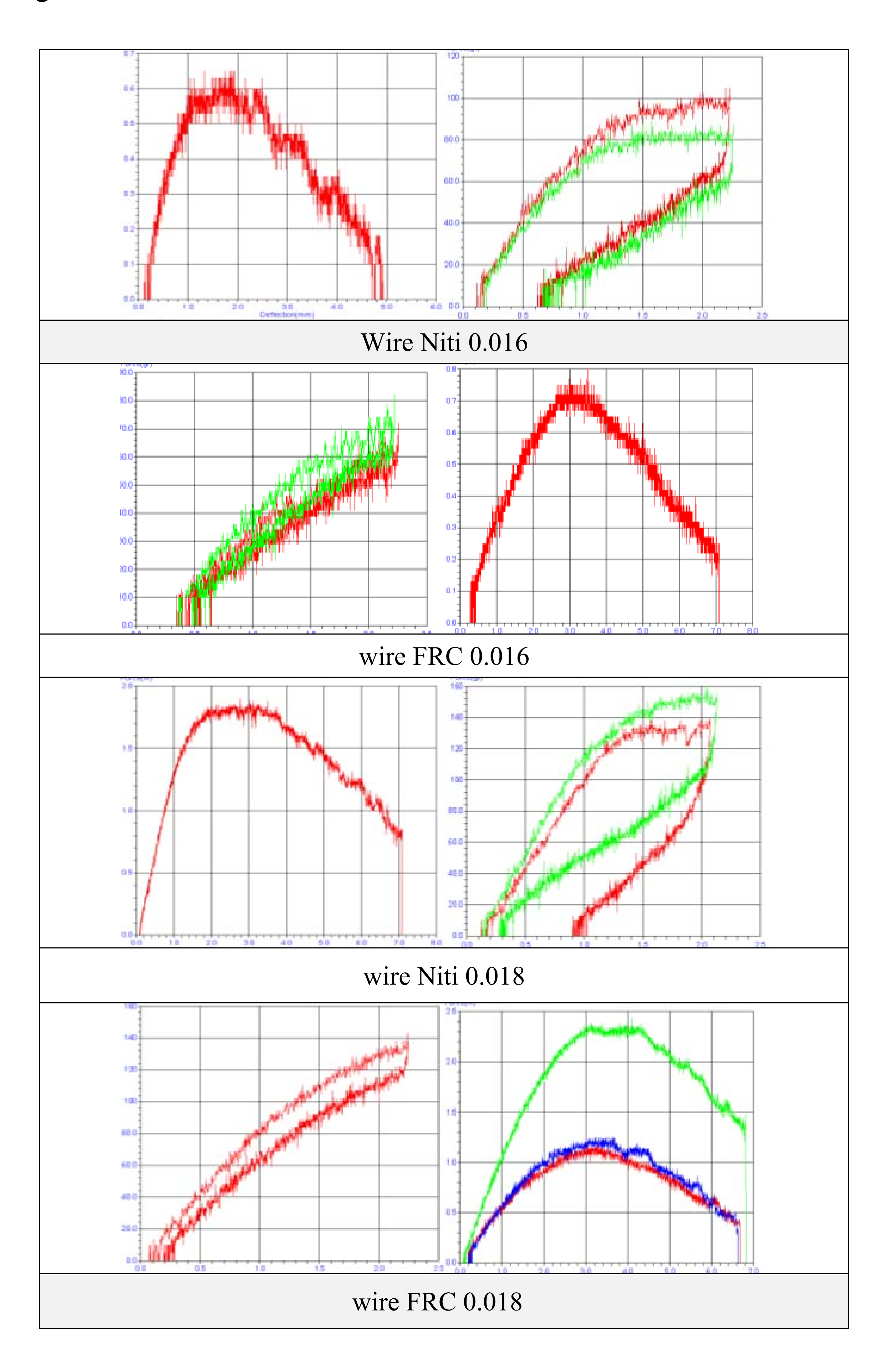
Standard Practice for
In-Vitro Environmental Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials and Implant Devices[1]

This standard is issued under the fixed designation F 1634; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

الشكل رقم 3 يظهر مخططات اختبار ثلاثي النقاط لدراسة الخواص الميكانيكية بالإضافة إلى مخططات اختبار الاستعادة

Wire Niti 0.014

Wire FRC 0.014



Wire Niti 0.016

wire FRC 0.016

wire Niti 0.018

wire FRC 0.018

الجدول رقم 2 مقارنات بين المجموعات للوخاص الميكانيكية حسب التجارب باستخدام تحليل **ANOVA**

ANOVA بين التجارب							
قوة العينة	قيمة مستوى الدلالة	Fقيمة المحسوبة	مربع المتوسط	درجات الحرية	مجموع المربعات	مصدر التباين	
NS	.757	.395	19.221	3	57.662	بين المجموعات	Flexural .modulus 0.014
			48.650	52	2529.815	داخل المجموعات	
S	.001	6.331	162.573	3	487.719	بين المجموعات	0.016
			25.680	52	1335.356	داخل المجموعات	
NS	.522	.760	23.363	3	70.089	بين المجموعات	0.018
			30.760	52	1599.531	داخل المجموعات	
NS	.537	.732	1707.095	3	5121.286	بين المجموعات	Flexural. Strength 0.014
			2331.388	52	121232.178	داخل المجموعات	
S	.001	6.702	35671.049	3	107013.148	بين المجموعات	0.016
			5322.342	52	276761.759	داخل المجموعات	
S	.028	3.292	105085.759	3	315257.277	بين المجموعات	0.018
			31918.296	52	1659751.372	داخل المجموعات	
NS	.561	.693	97.890	3	293.669	بين المجموعات	Strength. Yield 0.014
			141.322	52	7348.736	داخل المجموعات	
S	.000	19.682	8704.007	3	26112.020	بين المجموعات	0.016
			442.238	52	22996.379	داخل المجموعات	
NS	.443	.909	2137.725	3	6413.176	بين المجموعات	0.018
			2352.133	52	122310.939	داخل المجموعات	
NS	.824	.302	.000	3	.000	بين المجموعات	Spring back 0.014
			.000	52	.000	داخل المجموعات	
S	.000	20.104	.000	3	.000	بين المجموعات	0.016
			.000	52	.000	داخل المجموعات	
NS	.055	2.703	.000	3	.000	بين المجموعات	0.018
			.000	52	.000	داخل المجموعات	
NS	.757	.395	13.053	3	39.159	بين المجموعات	Flexural. Rigidity 0.014
			33.039	52	1718.028	داخل المجموعات	
S	.001	6.330	283.245	3	849.736	بين المجموعات	0.016
			44.745	52	2326.749	داخل المجموعات	
NS	.522	.760	112.744	3	338.232	بين المجموعات	0.018
			148.440	52	7718.888	داخل المجموعات	
NS	.537	.732	.062	3	.185	بين المجموعات	Ultimate .load 0.014
			.084	52	4.378	داخل المجموعات	
S	.001	6.702	.590	3	1.771	بين المجموعات	0.016
			.088	52	4.580	داخل المجموعات	
S	.028	3.292	.872	3	2.615	بين المجموعات	0.018
			.265	52	13.770	داخل المجموعات	
S	.014	3.894	9.597	3	28.792	بين المجموعات	Ultimate peak. Deflection 0.014
			2.465	52	128.165	داخل المجموعات	

NS	.052	2.746	.914	3	2.743	بين المجموعات	0.016
			.333	52	17.314	داخل المجموعات	
NS	.290	1.281	.338	3	1.014	بين المجموعات	0.018
			.264	52	13.716	داخل المجموعات	
NS	.438	.919	.356	3	1.067	بين المجموعات	Failer point deflection 0.014
			.387	52	20.115	داخل المجموعات	
S	.000	7.578	15.266	3	45.797	بين المجموعات	0.016
			2.014	52	104.753	داخل المجموعات	
S	.000	11.293	13.541	3	40.623	بين المجموعات	0.018
			1.199	52	62.353	داخل المجموعات	

الجدول رقم 3 مقارنات بين المجموعات للخواص الميكانيكية حسب الأقطار باستخدام تحليل **ANOVA**

ANOVA بين الاقطار							
الدلالة	value	Fقيمة المحسوبة	مربع المتوسط	درجات الحرية	مجموع المربعات	مصدر التباين	
NS	.066	2.913	95.668	2	191.336	بين المجموعات	Flexural modulus Niti
			32.845	39	1280.952	داخل المجموعات	
NS	.127	2.173	77.847	2	155.693	بين المجموعات	Dry
			35.826	39	1397.207	داخل المجموعات	
NS	.052	3.280	137.559	2	275.118	بين المجموعات	wet
			41.934	39	1635.442	داخل المجموعات	
NS	.249	1.442	65.340	2	130.681	بين المجموعات	Thermal
			45.309	39	1767.041	داخل المجموعات	
NS	.749	.291	4.965	2	9.931	بين المجموعات	Vivo
			17.052	39	665.013	داخل المجموعات	
S	.000	81.775	800647.670	2	1601295.339	بين المجموعات	Flexural. Strength Niti
			9790.876	39	381844.174	داخل المجموعات	
S	.000	53.041	776400.479	2	1552800.959	بين المجموعات	Dry
			14637.698	39	570870.239	داخل المجموعات	
S	.000	88.776	1278261.343	2	2556522.686	بين المجموعات	wet
			14398.647	39	561547.221	داخل المجموعات	
S	.000	42.171	811498.404	2	1622996.808	بين المجموعات	Thermal
			19242.834	39	750470.535	داخل المجموعات	
S	.000	116.470	522196.701	2	1044393.403	بين المجموعات	Vivo
			4483.521	39	174857.314	داخل المجموعات	
S	.001	9.176	12498.774	2	24997.549	بين المجموعات	Strength. Yield Niti
			1362.047	39	53119.831	داخل المجموعات	
S	.000	39.279	39829.773	2	79659.546	بين المجموعات	Dry
			1014.033	39	39547.292	داخل المجموعات	
S	.000	128.797	61733.907	2	123467.815	بين المجموعات	wet
			479.312	39	18693.167	داخل المجموعات	
S	.000	40.804	32251.685	2	64503.371	بين المجموعات	Thermal

			790.405	39	30825.791	داخل المجموعات	
S	.000	27.802	45330.682	2	90661.364	بين المجموعات	Vivo
			1630.508	39	63589.805	داخل المجموعات	
NS	.127	2.180	.000	2	.000	بين المجموعات	Spring back Niti
			.000	39	.000	داخل المجموعات	
S	.000	63.044	.000	2	.000	بين المجموعات	Dry
			.000	39	.000	داخل المجموعات	
S	.000	51.728	.000	2	.000	بين المجموعات	wet
			.000	39	.000	داخل المجموعات	
S	.000	87.276	.000	2	.000	بين المجموعات	Thermal
			.000	39	.000	داخل المجموعات	
S	.000	30.495	.000	2	.000	بين المجموعات	Vivo
			.000	39	.000	داخل المجموعات	
S	.000	173.988	9008.190	2	18016.380	بين المجموعات	Flexural .Rigidity Niti
			51.775	39	2019.220	داخل المجموعات	
S	.000	28.115	2519.905	2	5039.811	بين المجموعات	Dry
			89.627	39	3495.465	داخل المجموعات	
S	.000	39.638	2996.473	2	5992.946	بين المجموعات	wet
			75.595	39	2948.213	داخل المجموعات	
S	.000	29.737	2887.664	2	5775.328	بين المجموعات	Thermal
			97.108	39	3787.221	داخل المجموعات	
S	.000	49.518	1946.142	2	3892.284	بين المجموعات	Vivo
			39.302	39	1532.766	داخل المجموعات	
S	.000	35.365	3.759	2	7.519	بين المجموعات	Ultimate .load Niti
			.106	39	4.146	داخل المجموعات	
S	.000	24.640	3.782	2	7.565	بين المجموعات	Dry
			.154	39	5.987	داخل المجموعات	
S	.000	41.117	6.885	2	13.771	بين المجموعات	wet
			.167	39	6.531	داخل المجموعات	
S	.000	16.973	3.551	2	7.103	بين المجموعات	Thermal
			.209	39	8.160	داخل المجموعات	
S	.000	44.585	2.342	2	4.684	بين المجموعات	Vivo
			.053	39	2.049	داخل المجموعات	
S	.024	4.085	1.389	2	2.778	بين المجموعات	Ultimate peak.Deflection
			.340	39	13.258	داخل المجموعات	
S	.002	7.489	2.450	2	4.900	بين المجموعات	Dry
			.327	39	12.760	داخل المجموعات	
NS	.188	1.743	.608	2	1.216	بين المجموعات	wet
			.349	39	13.601	داخل المجموعات	
NS	.685	.382	.079	2	.158	بين المجموعات	Thermal
			.206	39	8.052	داخل المجموعات	
S	.015	4.712	2.022	2	4.043	بين المجموعات	Vivo
			.429	39	16.732	داخل المجموعات	
S	.011	5.068	8.751	2	17.502	بين المجموعات	Failer point.deflection

			1.727	39	67.336	داخل المجموعات	Niti
NS	.253	1.425	1.612	2	3.223	بين المجموعات	Dry
			1.131	39	44.116	داخل المجموعات	
S	.019	4.374	15.104	2	30.207	بين المجموعات	wet
			3.453	39	134.668	داخل المجموعات	
S	.007	5.626	11.150	2	22.299	بين المجموعات	Thermal
			1.982	39	77.288	داخل المجموعات	
S	.005	6.221	6.253	2	12.506	بين المجموعات	Vivo
			1.005	39	39.200	داخل المجموعات	

جدول رقم 4 مقارنات لاختبار الاستعادة بين المجموعات حسب التجارب باستخدام تحليل **ANOVA**

ANOVA بين التجارب							
قوة العينة	قيمة مستوى الدلالة	قيمة F المحسوبة	مربع المتوسط	درجات الحرية	مجموع المربعات	مصدر التباين	
1	**.000**	13.962	2601.571	3	7804.714	بين المجموعات	load at 2mm 0.014
			186.332	52	9689.286	داخل المجموعات	
1	**.000**	7.858	4379.685	3	13139.054	بين المجموعات	0.016
			557.361	52	28982.786	داخل المجموعات	
0.872	.526	.752	802.976	3	2408.929	بين المجموعات	0.018
			1067.288	52	55499.000	داخل المجموعات	
1	**.000**	13.888	1370.018	3	4110.054	بين المجموعات	unload at 1.5mm 0.014
			98.650	52	5129.786	داخل المجموعات	
1	**.000**	10.815	3342.732	3	10028.196	بين المجموعات	0.016
			309.092	52	16072.786	داخل المجموعات	
0.932	.160	1.791	1113.637	3	3340.911	بين المجموعات	0.018
			621.691	52	32327.929	داخل المجموعات	
1	**.000**	9.564	625.976	3	1877.929	بين المجموعات	unload at 1mm 0.014
			65.451	52	3403.429	داخل المجموعات	
1	**.000**	11.576	2193.262	3	6579.786	بين المجموعات	0.016
			189.464	52	9852.143	داخل المجموعات	
1	**.000**	11.576	2193.262	3	6579.786	بين المجموعات	0.018
			189.464	52	9852.143	داخل المجموعات	
1	**.000**	8.005	90.976	3	272.929	بين المجموعات	unload at 0.5mm 0.014
			11.365	52	591.000	داخل المجموعات	
1	**.000**	14.467	799.446	3	2398.339	بين المجموعات	0.016
			55.260	52	2873.500	داخل المجموعات	
1	.059	2.648	306.446	3	919.339	بين المجموعات	0.018
			115.743	52	6018.643	داخل المجموعات	

جدول رقم 5 مقارنات لاختبار الاستعادة بين المجموعات حسب الاقطار باستخدام تحليل **ANOVA**

ANOVA بين الاقطار

الدلالة	قيمة	قيمة F المحسوبة	مربع المتوسط	درجات الحرية	مجموع المربعات	مصدر التباين	
S	.000	123.804	48763.595	2	97527.190	بين المجموعات	load at 2mm Niti
			393.877	39	15361.214	داخل المجموعات	
S	.000	41.408	24658.952	2	49317.905	بين المجموعات	FRC dry
			595.515	39	23225.071	داخل المجموعات	
S	.000	71.750	32754.500	2	65509.000	بين المجموعات	FRCwet
			456.507	39	17803.786	داخل المجموعات	
S	.000	29.056	25196.357	2	50392.714	بين المجموعات	FRC thermal
			867.168	39	33819.571	داخل المجموعات	
S	.000	72.157	35750.167	2	71500.333	بين المجموعات	FRC Ex vivo
			495.452	39	19322.643	داخل المجموعات	
S	.000	44.865	15724.667	2	31449.333	بين المجموعات	unload at 1.5mm Niti
			350.489	39	13669.071	داخل المجموعات	
S	.000	46.109	13872.452	2	27744.905	بين المجموعات	FRC dry
			300.861	39	11733.571	داخل المجموعات	
S	.000	44.115	9786.024	2	19572.048	بين المجموعات	FRCwet
			221.828	39	8651.286	داخل المجموعات	
S	.000	23.677	10742.167	2	21484.333	بين المجموعات	FRC thermal
			453.694	39	17694.071	داخل المجموعات	
S	.000	34.671	13736.452	2	27472.905	بين المجموعات	FRC Ex vivo
			396.194	39	15451.571	داخل المجموعات	
S	.000	31.158	8712.000	2	17424.000	بين المجموعات	unload at 1mm Niti
			279.604	39	10904.571	داخل المجموعات	
S	.000	42.312	7040.310	2	14080.619	بين المجموعات	FRC dry
			166.390	39	6489.214	داخل المجموعات	
S	.000	49.294	5696.381	2	11392.762	بين المجموعات	FRC wet
			115.560	39	4506.857	داخل المجموعات	
S	.000	23.237	6303.071	2	12606.143	بين المجموعات	FRC thermal
			271.255	39	10578.929	داخل المجموعات	
S	.000	23.975	6384.500	2	12769.000	بين المجموعات	FRC Ex vivo
			266.297	39	10385.571	داخل المجموعات	
S	.000	36.163	2643.643	2	5287.286	بين المجموعات	unload at 0.5mm Niti
			73.103	39	2851.000	داخل المجموعات	
S	.000	40.225	2196.167	2	4392.333	بين المجموعات	FRC dry
			54.597	39	2129.286	داخل المجموعات	
S	.000	51.203	1829.429	2	3658.857	بين المجموعات	FRC wet
			35.729	39	1393.429	داخل المجموعات	
S	.000	25.926	2056.500	2	4113.000	بين المجموعات	FRC thermal
			79.321	39	3093.500	داخل المجموعات	
S	.000	20.528	1509.024	2	3018.048	بين المجموعات	FRC Ex vivo
			73.511	39	2866.929	داخل المجموعات	

الملحق الثاني (ملحق تقييم الاحتكاك)

الشكل رقم 4: يظهر كيفية نمذجة الرباط حسب طريقة

وضع الطبقة الشمعية على خمسة عشر ناب علوي بسماكة 0.3 ملم واستبداله بالمادة المطاطية

الشكل رقم 5 يبين كيفية اجراء المقاومة الاحتكاكية

الحالة الحيادية	الحالة الفعالة

وضع قطرة الماء كمزلق قبل بدء التجربة



استخدام Ligature gun إثناء وضع الحلقات المطاطية

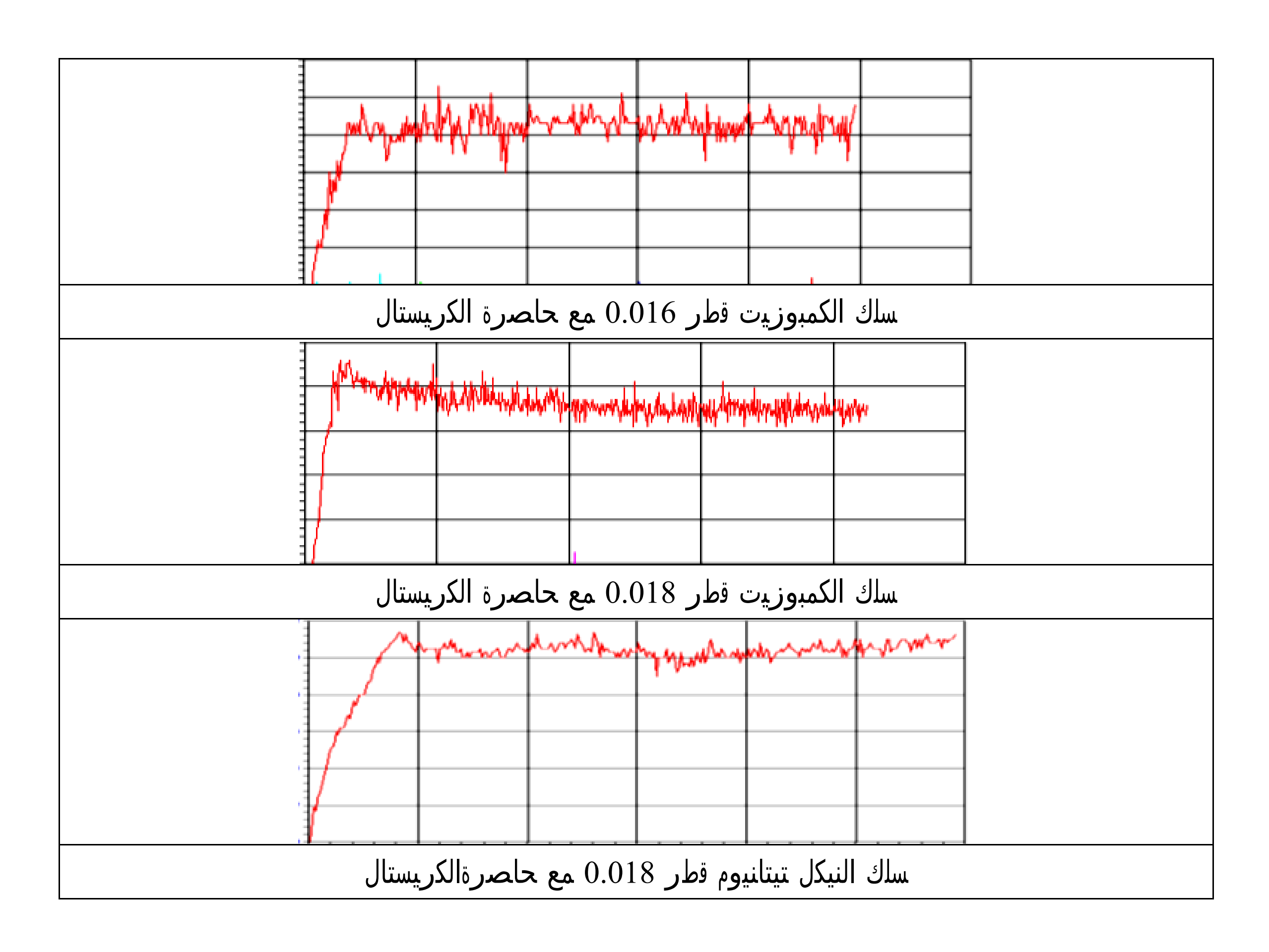
وضع قطرة الماء قبل وضع السلك و بعد الربط

اجراء التجربة بالوضع الحيادي و الفعال

الشكل رقم 6 يبين مخططات المقاومة الاحتكاكية الساكنة والحركية لسلك النيكل تيتانيوم والكمبوزيت.

سلك الكمبوزيت قطر 0.014 مع حاصرة الخزف

سلك النيكل تيتانيوم قطر 0.014 مع حاصرة الخزف



سلك الكمبوزيت قطر 0.016 مع حاصرة الكريستال

سلك الكمبوزيت قطر 0.018 مع حاصرة الكريستال

سلك النيكل تيتانيوم قطر 0.018 مع حاصرةالكريستال

الجدول رقم 6: مقارنات المقاومة الاحتكاكية بين المجموعات حسب التجارب باستخدام تحليل ANOVA

ANOVA								
power	**Sig.**	**value**	**F**	**Mean Square**	**Df**	**Sum of Squares**	**Poly Crystalline**	**Diameter**
0.893	NS	.467	.775	.109	2	.218	**Between Groups**	**Passive. Static 0.014**
				.141	42	5.916	**Within Groups**	
1	S	.000	10.536	.011	2	.021	**Between Groups**	**Passive. Static 0.016**
				.001	42	.042	**Within Groups**	
1	S	.005	5.931	.011	2	.023	**Between Groups**	**Passive. Static 0.018**
				.002	42	.081	**Within Groups**	
1	NS	.054	3.128	.002	2	.004	**Between Groups**	**Active50.Static 0.014**
				.001	42	.024	**Within Groups**	
1	S	.041	3.463	.003	2	.005	**Between Groups**	**Active50.Static 0.016**
				.001	42	.032	**Within Groups**	
1	NS	.097	2.462	.002	2	.004	**Between Groups**	**Active50.Static 0.018**
				.001	42	.036	**Within Groups**	
0.862	NS	.517	.670	.001	2	.002	**Between Groups**	**Active100.Static 0.014**
				.001	42	.049	**Within Groups**	
1	S	.016	4.555	.004	2	.007	**Between Groups**	**Active100.Static 0.018**
				.001	42	.032	**Within Groups**	
0.81	NS	.576	.560	.001	2	.002	**Between Groups**	**Active100.Static**

				.002	42	.076	**Within Groups**	**0.018**
0.879	NS	.449	.817	.181	2	.363	**Between Groups**	**Passive. Kinetic 0.014**
				.222	42	9.320	**Within Groups**	
1	S	.003	6.826	.005	2	.011	**Between Groups**	**Passive. Kinetic 0.016**
				.001	42	.034	**Within Groups**	
1	S	.002	7.478	.012	2	.024	**Between Groups**	**Passive. Kinetic 0.018**
				.002	42	.066	**Within Groups**	
0.79	NS	.068	2.865	.002	2	.003	**Between Groups**	**Active50.Kinetic 0.014**
				.001	42	.022	**Within Groups**	
0.92	NS	.324	1.159	.405	2	.811	**Between Groups**	**Active50.Kinetic 0.016**
				.350	42	14.684	**Within Groups**	
1	NS	.105	2.382	.001	2	.003	**Between Groups**	**Active50.Kinetic 0.018**
				.001	42	.022	**Within Groups**	
0.912	NS	.352	1.070	.001	2	.002	**Between Groups**	**Active100.Kinetic 0.014**
				.001	42	.033	**Within Groups**	
1	S	.000	12.414	.006	2	.012	**Between Groups**	**Active100.Kinetic 0.016**
				.000	42	.021	**Within Groups**	
0.87	NS	.723	.327	.001	2	.001	**Between Groups**	**Active100.Kinetic 0.018**
				.002	42	.067	**Within Groups**	
power	**Sig.**	**value**	**F**	**Mean Square**	**df**	**Sum of Squares**	**Single Crystalline**	**Diameter**
0.89	NS	.578	.555	.002	2	.004	**Between Groups**	**Passive. Static 0.014**
				.003	42	.142	**Within Groups**	
1	S	.000	53.411	.055	2	.109	**Between Groups**	**Passive. Static 0.016**
				.001	42	.043	**Within Groups**	
1	S	.002	7.322	.014	2	.028	**Between Groups**	**Passive. Static 0.018**
				.002	42	.079	**Within Groups**	
1	NS	.051	3.263	.004	2	.008	**Between Groups**	**Active50.Static 0.014**
				.001	42	.051	**Within Groups**	
1	S	.000	61.836	.101	2	.202	**Between Groups**	**Active50.Static 0.016**
				.002	42	.069	**Within Groups**	
1	S	.000	12.481	.019	2	.037	**Between Groups**	**Active50.Static 0.018**
				.001	42	.063	**Within Groups**	
0.98	NS	.162	1.899	.003	2	.006	**Between Groups**	**Active100.Static 0.014**
				.001	42	.061	**Within Groups**	
1	S	.000	20.266	.075	2	.151	**Between Groups**	**Active100.Static 0.016**
				.004	42	.156	**Within Groups**	
1	S	.018	4.442	.011	2	.022	**Between Groups**	**Active100.Static 0.018**
				.002	42	.104	**Within Groups**	
0.847	NS	.886	.122	.000	2	.000	**Between Groups**	**Passive. Kinetic 0.014**
				.001	42	.062	**Within Groups**	
1	S	.000	51.410	.033	2	.066	**Between Groups**	**Passive. Kinetic 0.016**
				.001	42	.027	**Within Groups**	
0.86	NS	.411	.907	.258	2	.517	**Between Groups**	**Passive. Kinetic**

				.285	42	11.960	**Within Groups**	**0.018**
0.845	NS	.654	.430	.000	2	.001	**Between Groups**	**Active50.Kinitic 0.014**
				.001	42	.040	**Within Groups**	
1	S	.000	75.909	.045	2	.089	**Between Groups**	**Active50.Kinitic 0.016**
				.001	42	.025	**Within Groups**	
1	S	.001	8.798	.010	2	.020	**Between Groups**	**Active50.Kinitic 0.018**
				.001	42	.047	**Within Groups**	
0.91	NS	.404	.927	.119	2	.239	**Between Groups**	**Active100.Kinitic 0.014**
				.129	42	5.405	**Within Groups**	
1	S	.000	20.052	.041	2	.082	**Between Groups**	**Active100.Kinitic 0.016**
				.002	42	.086	**Within Groups**	
1	S	.015	4.641	.006	2	.011	**Between Groups**	**Active100.Kinitic 0.018**
				.001	42	.050	**Within Groups**	

الجدول رقم 7: مقارنات المقاومة الاحتكاكية بين المجموعات حسب الأقطار باستخدام تحليل .ANOVA

ANOVA								
power	**Sig.**	**value**	**F**	**Mean Square**	**df**	**Sum of Squares**	**Poly Crystalline**	**State**
1	S	.007	5.519	.006	2	.013	**Between Groups**	**Passive. Static Wet**
				.001	42	.048	**Within Groups**	
0.869	NS	.556	.595	.084	2	.168	**Between Groups**	**Passive. Static Niti**
				.142	42	5.947	**Within Groups**	
0,895	NS	.223	1.556	.002	2	.003	**Between Groups**	**Passive. Static Vivo**
				.001	42	.044	**Within Groups**	
1	S	.000	13.900	.008	2	.017	**Between Groups**	**Active50.Static Wet**
				.001	42	.025	**Within Groups**	
1	S	.008	5.495	.005	2	.011	**Between Groups**	**Active50.Static Niti**
				.001	42	.041	**Within Groups**	
0.789	NS	.567	.575	.000	2	.001	**Between Groups**	**Active50.Static Vivo**
				.001	42	.026	**Within Groups**	
0.97	NS	.161	1.906	.003	2	.006	**Between Groups**	**Active100.Static Wet**
				.002	42	.069	**Within Groups**	
0.921	NS	.409	.913	.001	2	.002	**Between Groups**	**Active100.Static Niti**
				.001	42	.046	**Within Groups**	
0.973	NS	.244	1.458	.001	2	.003	**Between Groups**	**Active100.Static Vivo**
				.001	42	.042	**Within Groups**	
1	S	.040	3.492	.004	2	.009	**Between Groups**	**Passive. Kinetic Wet**
				.001	42	.054	**Within Groups**	
0.874	NS	.494	.718	.159	2	.319	**Between Groups**	**Passive. Kinetic Niti**
				.222	42	9.327	**Within Groups**	
1	NS	.093	2.515	.002	2	.005	**Between Groups**	**Passive. Kinetic**

				.001	42	.039	**Within Groups**	**Vivo**
1	S	.000	9.821	.006	2	.012	**Between Groups**	**Active50.Kinetic Wet**
				.001	42	.025	**Within Groups**	
0.925	NS	.322	1.164	.407	2	.814	**Between Groups**	**Active50.Kinetic Niti**
				.350	42	14.686	**Within Groups**	
0.785	NS	.980	.020	.000	2	.000	**Between Groups**	**Active50.Kinetic Vivo**
				.000	42	.018	**Within Groups**	
1	S	.053	3.252	.004	2	.009	**Between Groups**	**Active100.Kinetic Wet**
				.001	42	.056	**Within Groups**	
0.94	NS	.227	1.537	.001	2	.002	**Between Groups**	**Active100.Kinetic Niti**
				.001	42	.028	**Within Groups**	
0.974	NS	.114	2.285	.002	2	.004	**Between Groups**	**Active100.Kinetic Vivo**
				.001	42	.037	**Within Groups**	

power	**Sig.**	**value**	**F**	**Mean Square**	**df**	**Sum of Squares**	**Single Crystalline**	**State**
0.903	NS	.419	.888	.001	2	.003	**Between Groups**	**Passive. Static Wet**
				.002	42	.065	**Within Groups**	
1	S	.000	28.224	.043	2	.085	**Between Groups**	**Passive. Static Niti**
				.002	42	.063	**Within Groups**	
0.887	NS	.413	.903	.003	2	.006	**Between Groups**	**Passive. Static vivo**
				.003	42	.136	**Within Groups**	
1	S	.000	12.326	.008	2	.016	**Between Groups**	**Active50.Static Wet**
				.001	42	.028	**Within Groups**	
1	S	.000	37.875	.090	2	.180	**Between Groups**	**Active50.Static Niti**
				.002	42	.100	**Within Groups**	
0.845	NS	.591	.533	.001	2	.001	**Between Groups**	**Active50.Static Vivo**
				.001	42	.055	**Within Groups**	
1	S	.001	8.367	.024	2	.048	**Between Groups**	**Active100.Static Wet**
				.003	42	.121	**Within Groups**	
1	S	.000	33.013	.086	2	.172	**Between Groups**	**Active100.Static Niti**
				.003	42	.109	**Within Groups**	
0.822	NS	.541	.624	.001	2	.003	**Between Groups**	**Active100.Static Vivo**
				.002	42	.091	**Within Groups**	
0.813	NS	.418	.890	.001	2	.002	**Between Groups**	**Passive. Kinetic Wet**
				.001	42	.058	**Within Groups**	
1	S	.000	22.366	.021	2	.042	**Between Groups**	**Passive. Kinetic Niti**
				.001	42	.040	**Within Groups**	
0.896	NS	.359	1.050	.299	2	.598	**Between Groups**	**Passive. Kinetic Vivo**
				.285	42	11.952	**Within Groups**	
1	S	.000	11.896	.005	2	.009	**Between Groups**	**Active50.Kinitic Wet**
				.000	42	.016	**Within Groups**	
1	S	.000	37.902	.046	2	.091	**Between Groups**	**Active50.Kinitic Niti**
				.001	42	.051	**Within Groups**	
0.897	NS	.893	.114	.000	2	.000	**Between Groups**	**Active50.Kinitic**

				.001	42	.045	**Within Groups**	**Vivo**
0.83	NS	.425	.872	.113	2	.225	**Between Groups**	**Active100.Kinitic Wet**
				.129	42	5.419	**Within Groups**	
1	S	.000	24.021	.044	2	.088	**Between Groups**	**Active100.Kinitic Niti**
				.002	42	.077	**Within Groups**	
0.916	NS	.277	1.322	.001	2	.003	**Between Groups**	**Active100.Kinitic Vivo**
				.001	42	.045	**Within Groups**	

جدول رقم 8 حساب زاوية تزوي الحاصرة بالمرحلة الفعالة اثناء تطبيق القوة

حسب زاوية الانحراف للناب عند تعرضه للقوة وقدرها 0.75 نيوتن وبمساحة السطح 0.75 سم^2 المرحلة الأولى يتم حساب حساب اجهاد الضغط على الرباط بالعلاقة 1، ثم حساب انفعال الانضغاط في الرباط بالعلاقة 2، حساب ازاحة السن بالانضغاط بالعلاقة 3، اصبح لدينا مثلث قائم الضلع الاول 8 ملم والثاني مقدار الازاحة يمكن حساب التظل للزاوية بينهما سواء كانت سماكة الربط 0.3 او 0.9 ملم، بالاعتماد على التساوي بالتعامد بين محور السن ومحور الحاصرة، تكون زاوية انحراف الحاصرة هي نفسها.

(1) $\sigma = \left(\frac{F}{A}\right) \Rightarrow \sigma = \left(\frac{0.75}{75}\right) \Rightarrow \sigma = 0.01$ Mpa(N/mm2)

(2) $\varepsilon = \sigma/\epsilon \Rightarrow 0.01/0.2 = 0.05\%$

(3) $\varepsilon = \Delta t/t \Rightarrow \Delta t = \varepsilon.t \Rightarrow 0.05.\ 0.3 = 0.015$ mm مقدار إزاحة السن

$\Rightarrow \Delta t = \varepsilon.t \Rightarrow 0.05.\ 0.9 = 0.045$

(4) $\alpha = \arctan(0.015/8) = 0.0018 \Rightarrow 0.09^{\circ}$ زاوية الازاحة للناب

$\alpha = \arctan(0.045/8) = 0.0056 \Rightarrow 0.26^{\circ}$ زاوية الازاحة للناب

القوة الصافية المطبقة لحركة الناب 0.75 نيوتن، معامل يونغ للرباط 0.2 ميغاباسكال،

t سماكة الرباط 0.3 او 0.9 ملم، σ اجهاد الضغط على الرباط ، ε انفعال الانضغاط في الرباط

الملحق الثالث (ملحق تقييم التغير اللوني)

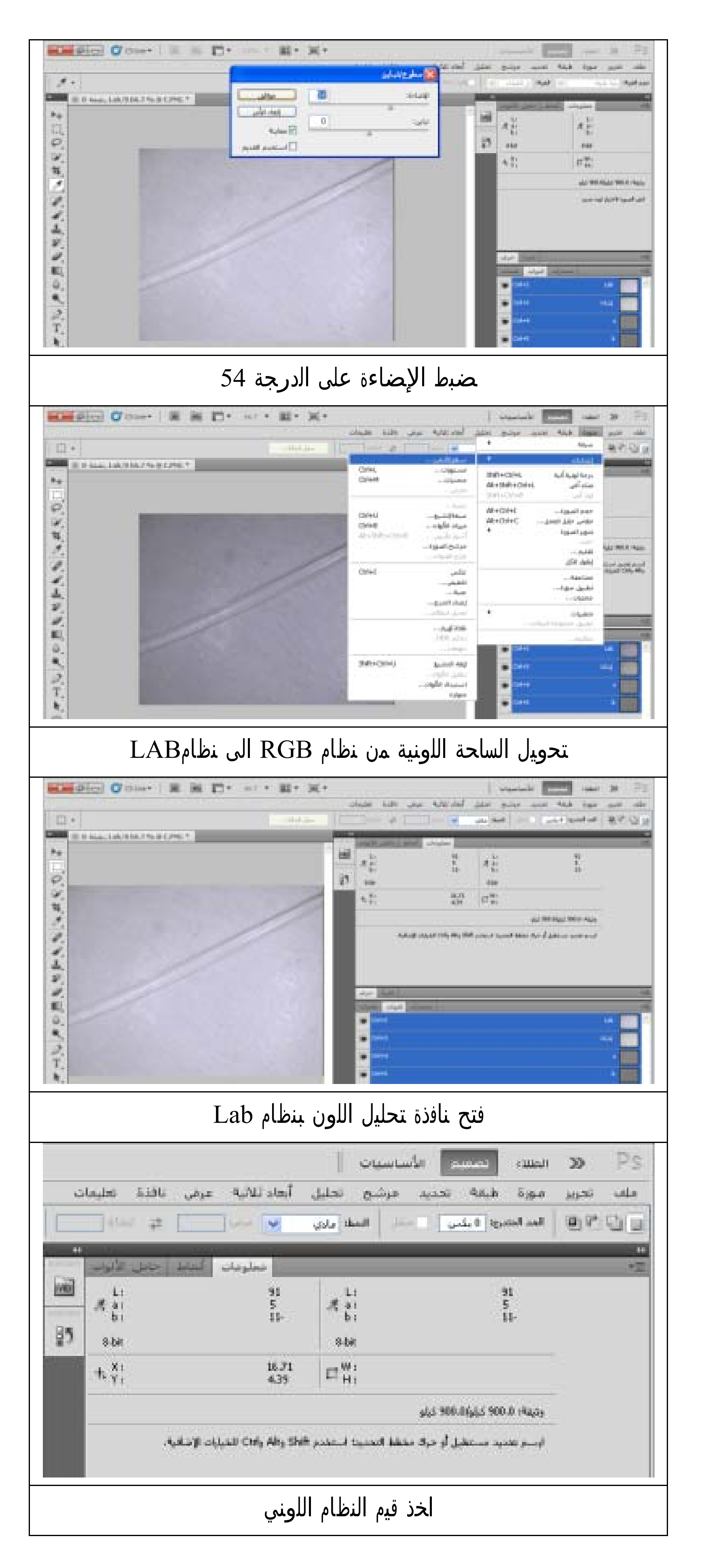
الشكل رقم 7 آلية التحليل اللوني باستخدام برنامج photoshop.



فتح البرنامج

استيراد الصورة

تحويل الصورة الى نظام Lab



ضبط الإضاءة على الدرجة 54

تحويل الساحة اللونية من نظام RGB الى نظامLAB

فتح نافذة تحليل اللون بنظام Lab

اخذ قيم النظام اللوني

الشكل رقم 8 تطبيق أسلاك الكمبوزيت للمرضى لتقييم التغيير اللوني.



الشكل 9 تلون أسلاك الكمبوزيت وفق ملونات التجربة

قهوة	كولا
شاي	كلور هكسيدين
التصبغ لدى التطبيق بفم المريض	

الملحق الرابع (ملحق التقييم الجرثومي)

الجدول رقم 9

المشعرات المستخدمة لاختيار المرضى للتقييم الجرثومي \ (WHO)			
الدرجة	*bleeding index*	*plaque index*	*Calculus index*
0	لثة سليمة	لا يوجد	-
1	احمرار بسيط	لويحة غير مرئية	لا يتجاوز الثلث
2	نزف عند السبر	لا تتجاوز الثلث	أكثر من الثلث
3	نزف عفوي	لويحة تتجاوز الثلث	أكثر من الثلثين

- *التقييم النوعي:*

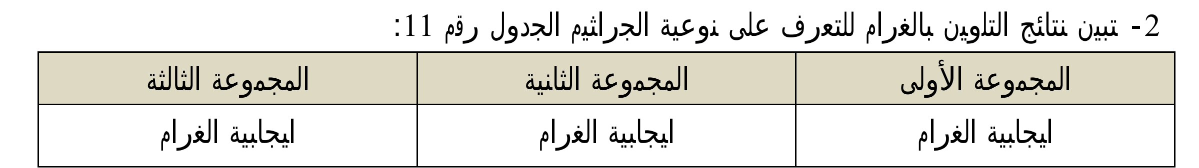
أجريت الاختبارات لتحديد نوعية المستعمرات المكتشفة بمساعدة الدكتور عصام لاجين (ماجستير أحياء دقيقة – قسم العلوم الحياتية – كلية طب الاسنان – جامعة حلب)

1-تم تمييز ثلاثة أنواع من أشكال المستعمرات عيانياً الجدول رقم 10:



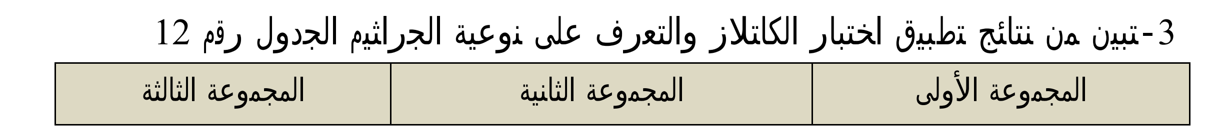
الجدول رقم10 تمييز الأنواع الثلاثة من أشكال المستعمرات عيانياً.		
المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة
مستعمرة مفردة دائرية محدبة لونها ذهبي ذات حواف واضحة ومرتفعة سطحها املس لامع ذات قطر 1.5-2 ملم	مستعمرة مفردة دائرية محدبة لونها ابيض ذات حواف واضحة سطحها ملس ذات قطر1 ملم	مستعمرات مفردة مجتمعة قطرها اقل من ا ملم حولها هالة من الانحلال الدموي

2- تبين نتائج التلوين بالغرام للتعرف على نوعية الجراثيم الجدول رقم 11:



المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة
ايجابية الغرام	ايجابية الغرام	ايجابية الغرام

3-تبين من نتائج تطبيق اختبار الكاتلاز والتعرف على نوعية الجراثيم الجدول رقم 12



المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة



ايجابية اختبار الكاتلاز	ايجابية اختبار الكاتلاز	سلبية اختبار الكاتلاز
مكورات عنقودية	مكورات عنقودية	مكورات عقدية

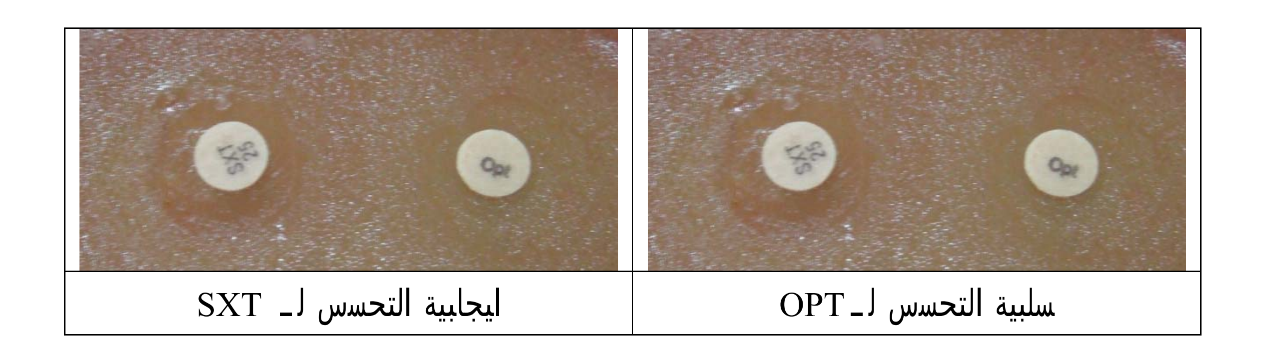
4-نتائج تقييم درجة الانحلال الدموي حول المستعمرات الجدول رقم 13

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة
لا يوجد انحلال	لا يوجد انحلال	انحلال جزئي من النوع α
مكورات عنقودية	مكورات عنقودية	مكورات عقدية

5- تبين نتائج التحسس لـ اوبتاشين بالسلبية للتأكيد على نوعية المكورات العقدية المخضرة (خاص بالعقديات). الجدول رقم 14

	المجموعة الأولى	**المجموعة الثانية**	**المجموعة الثالثة**
	هوائية وايجابية الغرام	هوائية وايجابية الغرام	هوائية وايجابية الغرام
	ايجابية اختبار الكاتلاز	ايجابية اختبار الكاتلاز	سلبية اختبار الكاتلاز
	لايوجد انحلال	لايوجد انحلال	انحلال جزئي من النوع α
			سلبية التحسس لـ اوبتاشين
النتيجة	Staphylococci *Aureus*	Staphylococci *Epidermidis*	Streptococcci *Viridans*

6- تبين النتائج ايجابية التحسس لاختبار SXT (Sulfa Methoxazol + Trimethoprime) لتمييز مجموعة المكورات العقدية المخضرة Strep.viridans عن المجموعات الأخرى من المكورات العقدية الجدول رقم 15.



سلبية التحسس لـ OPT	ايجابية التحسس لـ SXT

7- النتيجة :الجدول16

	المجموعة الأولى	**المجموعة الثانية**	**المجموعة الثالثة**
	هوائية وايجابية الغرام	هوائية وايجابية الغرام	هوائية وايجابية الغرام
	ايجابية اختبار الكاتلاز	ايجابية اختبار الكاتلاز	سلبية اختبار الكاتلاز
	لا يوجد انحلال	لا يوجد انحلال	انحلال جزئي من النوع α
			سلبية التحسس لـ اوبتاشين
	سلبية التحسس لـ SXT	سلبية التحسس لـ SXT	ايجابية التحسس لـ SXT
النتيجة	Staphylococci *Aureus*	Staphylococci *Epidermidis*	Streptococcci *Viridans*